



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA

“ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE COORDENADAS CURVILÍNEAS CORRESPONDIENTES AL ELECTROMAGNETISMO EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”

*Trabajo de Titulación previo a la obtención
del Título de Licenciado en Ciencias de la
Educación en Matemáticas y Física*

Autores:

Raúl Fernando Calderón Atariguana

C. I. 0104653795

Luis Patricio Loja Acero

C. I. 0302293477

Director:

Dr. Alberto Santiago Avecillas Jara

C. I. 1704208816

CUENCA-ECUADOR

2018



RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se evidencia la dificultad por parte de los estudiantes de la Carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca en asimilar los contenidos de la asignatura de Electromagnetismo y algunas de sus temáticas relevantes como Coordenadas Curvilíneas; dada esta problemática y en base a la implementación de modelos físicos se trata de superar en gran parte este inconveniente. El proyecto está organizado en tres secciones donde secuencialmente se muestra en primer plano un marco teórico, seguido luego de una parte estadística, y finalmente la propuesta educativa.

En su primera parte, basados en una visión conceptual constructivista se elabora una propuesta a partir de modelos mentales en donde los mismos pueden ser apoyados con modelos físicos (maquetas), de tal forma se mejoraría la comprensión en los estudiantes.

En la segunda parte por medio de encuestas y gráficos ilustrativos se evidencia los problemas que van a la par con la asignatura, donde básicamente la falta de material físico y los contenidos abstractos de la asignatura de Electromagnetismo y en varias de sus temáticas sobresalen. Por ello en busca de mejorar la comprensión en la asignatura se implementó el material didáctico correspondiente.

Finalmente en la propuesta didáctica, se basará por medio de las guías diseñadas en el uso correcto de los materiales didácticos elaborados supliendo la problemática evidenciada y contribuyendo a un aprendizaje mutuo entre docentes y estudiantes

PALABRAS CLAVE: Electromagnetismo, Material Didáctico, modelos físicos, modelos mentales, constructivismo.



ABSTRACT

In this graduation paper, the difficulty by students of the School of Mathematics and Physics at the University of Cuenca in assimilating the subject contents of Electromagnetism and some of its relevant topics such as curvilinear coordinates is clear. Analyzing this problem and basing it on the implementation of physical models, we will try to overcome it. The project is organized into three sections where sequentially a theoretical framework is shown in the foreground, it is followed by a statistical part, and finally by the educational proposal.

In the first part, it is based on a constructivist conceptual vision where a proposal is elaborated. It is based on mental models which can be supported with physical models. In such a way, students' comprehension would improve.

In the second part; through surveys and illustrative graphics, the problems that go together with the subject make clear. Where basically the lack of physical material and abstract contents of the subject of electromagnetism and some of its thematic is evident. Therefore, in order to improve comprehension in the subject, the corresponding didactic material was im.

Finally, the didactic proposal will be based on the guides designed to the correct use of the didactic materials. It was elaborated to supply the evidenced problematic and to contribute to a mutual learning between teachers and students.

KEYWORDS: Electromagnetism, didactic material, physical models, mental models, constructivism.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	14
Enfoque constructivista: concepto y características	14
Teoría sociocultural de Lev Vygotsky.....	15
Teoría del aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner	16
Teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel	17
Teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget.....	19
El rol del estudiante en el enfoque constructivista.....	20
El rol del docente en el enfoque constructivista	21
El material didáctico.....	23
Concepto	23
Funciones	24
Importancia del uso de material didáctico	25
Tipos de recursos	26
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN ESTADÍSTICA	28
Diagnóstico.....	28
Presentación del problema	28
Selección de la población	29
Metodología	29
Análisis de la encuesta	29
Interpretación de resultados.....	43
CAPÍTULO III PROPUESTA Y VALIDACIÓN	45
Estructura de la propuesta.....	45
Introducción	46
Matriz de Planeación	47
“GUÍA DE USO”	49
INTEGRAL DE LÍNEA.....	50
INTEGRAL DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y ELEMENTOS	55
COORDENADAS CURVILÍNEAS	63
COORDENADAS CILÍNDRICAS-PARABÓLICAS	69
VECTOR INCREMENTO DE POSICIÓN	76
DIPOLO ELÉCTRICO.....	81



CIRCUITO SIMPLE CON NÚCLEO SIMPLE.....	87
CIRCUITOS SIMPLES CON NÚCLEOS COMPUESTOS.....	94
CIRCUITOS SIMPLES CON NÚCLEO SIMPLE CON BRECHA DE AIRE.....	95
CIRCUITO SIMPLE DE NÚCLEO COMPUESTO CON BRECHA DE AIRE.....	96
CIRCUITO SIMPLE CON NÚCLEO COMPUESTO CON DOS MAGNETOMOTANCIAS.....	97
CIRCUITO COMPUESTO CON DOS MAGNETOMOTANCIAS	98
Validación de la propuesta.....	106
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS	112



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Raúl Fernando Calderón Atariguana, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE COORDENADAS CURVILÍNEAS CORRESPONDIENTES AL ELECTROMAGNETISMO EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca 9, de Febrero del 2018

Raúl Fernando Calderón Atariguana

C.I: 0104653795



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Luis Patricio Loja Acero, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE COORDENADAS CURVILÍNEAS CORRESPONDIENTES AL ELECTROMAGNETISMO EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca 9, de Febrero del 2018

Luis Patricio Loja Acero

C.I: 0302293477



Cláusula de Propiedad Intelectual

Raúl Fernando Calderón Atariguana, autor del trabajo de titulación "ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE COORDENADAS CURVILÍNEAS CORRESPONDIENTES AL ELECTROMAGNETISMO EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca 9, de Febrero del 2018

Raúl Fernando Calderón Atariguana

C.I: 0104653795



Cláusula de Propiedad Intelectual

Luis Patricio Loja Acero, autor del trabajo de titulación "ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE COORDENADAS CURVILÍNEAS CORRESPONDIENTES AL ELECTROMAGNETISMO EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca 9, de Febrero del 2018

Luis Patricio Loja Acero

C.I: 0302293477



DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios, ya que gracias a él he gozado de salud y protección en todo momento, lo que me ha impulsado a concluir mi carrera.

A mis padres, porque ellos estuvieron en cada momento a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para ser de mí una mejor persona cada día, en especial a ese ser tan grande que Dios me ha dado, mi madre Anita, pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanos Diego y Nancy, quienes con sus consejos y logros han sido una fuente de inspiración.

A mis compañeros que cooperaron a lograr esta meta y en especial a mi amigo Luis que con su alegría convirtió de esta etapa, en una experiencia amena y agradable.

Finalmente a esa gran mujer, mi abuelita María, que a pesar de los años de su partida, sé que desde el cielo me cuida en cada instante.

Raúl Calderón



DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

El eje sobre el cual gira: la entrega, la dedicación y el esfuerzo del presente para cumplir una meta se llama: familia. En ella nace y se retroalimenta el amor, produciendo una inagotable marea de capacidad a ustedes: Santiago y Griselda, por darme la vida, creer en mí y porque siempre me supieron apoyar, les agradezco de todo corazón por darme una carrera para mi futuro, todo esto les debo a ustedes.

A mi esposa Tania Sarango, a mi hija Sarahí, quienes me han inspirado más aun a seguir adelante a pesar de todo obstáculo que se presenta en la vida siempre estuvieron conmigo, fueron mi motivación para lograr esta meta.

A mi hermana Tránsito y mi sobrino Jordán; a mis primos Antonio y Geovanny, quienes estuvieron siempre a mi lado brindándome su cariño y apoyo por doquier que se encuentren.

A mis suegros José y Carmen, a mis cuñadas: Sisa, Nina, Jenny, a mis amigos Franklin, Patricio, Ángel, Pedro, Wilson, Andrés, por apoyarme durante todo mi proceso de formación.

Finalmente a mi compañero de tesis Raúl quien ha sido un pilar fundamental para lograr el éxito de este trabajo.

Luis Loja



AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a Dios, a la vida, a la prestigiosa Universidad de Cuenca y finalmente al personal que en ello enmarca.

Siendo esta prestigiosa Universidad, la morada de erudición brindándonos la oportunidad de pasar por sus aulas, en las mismas que subsisten grandes: recuerdos, experiencias, alegrías y tristezas. Como es sabido el anhelo de todo ser humano y por su naturaleza; es de filosofar en la vida y conseguir sus sueños de superación, por ello el latente agradecimiento a todo el personal de docencia, en especial a nuestro director de tesis Dr. Santiago Avecillas quien, con su esmerada entrega y dirección de este proyecto, nos ha guiado para la culminación del mismo.

Finalmente, agradecemos a nuestros compañeros y personas que de alguna forma aportaron a este proyecto.

Raúl Calderón-Luis Loja



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la influencia que ejerce la tecnología en el medio en que vivimos, se ve relacionada con el Electromagnetismo, ya que es un conjunto de conceptos físicos que se encuentran presentes en un sinnúmero de aparatos tecnológicos que se usan a lo largo de la vida, tales como electrodomésticos, teléfonos celulares, entre otros

En la carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca, se da esta cátedra como parte de la formación de los estudiantes, quienes al cumplir sus estudios serán capaces de impartir dicha asignatura en cualquier institución educativa, ya sea pública o privada. Se ha notado que los estudiantes presentan cierta dificultad para entender los temas que cubre el Electromagnetismo, como temáticas de coordenadas curvilíneas, y otros temas relacionados con la asignatura.

Los motivos de este inconveniente pueden ser diversos factores que recaen en la baja comprensión. Uno de estos es el escaso material didáctico presente para impartir la clase de Electromagnetismo, pues la materia es abstracta y requiere de materiales lúdicos que ayuden a reducir el nivel de abstracción de la materia.

En este trabajo de titulación se crearon materiales didácticos, con su respectiva guía de uso, la cual da al maestro una descripción detallada de cada material. El material didáctico, conjuntamente con la propuesta del aprendizaje constructivista para alcanzar un aprendizaje constructivo, ayudará a superar este inconveniente, logrando de esta manera una mejor comprensión del Electromagnetismo en los posteriores alumnos que en un futuro cursen esta asignatura.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Enfoque constructivista: Concepto y características.

El constructivismo es una teoría que destaca la importancia de la acción del educando, quien es capaz de construir su propio conocimiento. La simple transmisión de conocimientos queda fuera de este enfoque, puesto que con ello simplemente se consigue que el estudiante se transforme en un sujeto inactivo. El constructivismo es en realidad una propuesta innovadora que permite a la persona que aprende a ser parte sustancial en el desarrollo de su educación, siempre con la orientación del profesor. Mario Carretero lo define de la siguiente manera:

Básicamente puede decirse que es la idea que mantiene que el individuo, tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos, no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día con día como resultado de la interacción entre esos dos factores. En consecuencia, según la posesión del constructivismo, el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano. (Citado en Ramírez Toledo, s.f., p. 1)

Una de las características fundamentales de la teoría constructivista es que toma en consideración los saberes que el educando posee antes de iniciar con el aprendizaje de contenidos nuevos. Sin duda eso es lo que marca la diferencia de este enfoque con el anterior, pues el conductismo consideraba a los alumnos como seres vacíos a la espera de que el profesor les imparta conocimientos.

Otra característica de gran relieve que propone el constructivismo es el uso de recursos didácticos que permiten que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea indudablemente motivador, interactivo y sobretodo más asequible tanto para los estudiantes como para los orientadores. Evidentemente estas ayudas no se empleaban en el conductismo. En la escuela antigua, el libro y el pizarrón eran la única ayuda para la enseñanza.



A continuación, se aborda brevemente las principales teorías que sirven de fundamento a este enfoque. Todas priorizan al estudiante como actor principal en el proceso educativo, al profesor como guía y a los recursos didácticos como ayuda sustancial para conseguir aprendizajes verdaderos.

Teoría sociocultural de Lev Vygotsky.

Lev Vygotsky fue un psicólogo ruso de origen judío, uno de los más destacados teóricos de la psicología del desarrollo. Él expone que el intercambio social es esencial para alcanzar conocimientos nuevos “... Para Vygotsky la construcción del conocimiento es producto de la interacción social [...] las funciones psicológicas superiores son el resultado del desarrollo social y no del biológico y se adquieren a través de la internalización del lenguaje...” (González Pérez & Criado del Pozo, 2009, p. 130).

La Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) es un concepto esencial en la teoría de Vygotsky y consiste en la distancia que hay entre el nivel de desarrollo real (lo que el estudiante puede hacer solo) y el nivel de desarrollo potencial (lo que el estudiante puede hacer con ayuda de otra persona) (Moll, 1990).

Por lo mencionado, podemos decir que la Zona de Desarrollo Próximo nace de la interacción entre la persona que domina el conocimiento (profesor) y la persona que aún no lo domina (estudiante). De este modo, la teoría de Vygotsky fomenta en primera instancia la relación armónica entre el sujeto que aprende y su orientador, ya que es más fácil adquirir conocimientos en un ambiente empático que en uno donde exista tensión. Al hablar de una relación armónica en el proceso de educación, hace referencia a que las opiniones de los estudiantes sean tomadas en cuenta por parte del profesor y no solo sea él la persona que habla, sino que se produzca un verdadero diálogo en el aula, el que a su vez conduzca a la adquisición de nuevos saberes.

Vygotsky aclara que el profesor es el encargado de modelar las actividades y luego, dar instrucciones al estudiante para que este pueda construir su conocimiento nuevo (González Pérez & Criado del Pozo, 2009). Con ello hemos de tener claro que la misión de los docentes, como guías, es generar

clases interactivas y para ello se deben preparar instrumentos didácticos pertinentes que brinden ayuda y permitan alcanzar un aprendizaje óptimo.

Teoría del aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner.

Jerome Bruner fue un psicólogo estadounidense que hizo importantes contribuciones a la psicología cognitiva y a las teorías del aprendizaje dentro del campo de la psicología educativa. Él sostiene que es el educando el que participa de manera activa en la construcción del conocimiento, porque es quien investiga y va conociendo poco a poco saberes nuevos, es decir que esta teoría propone la utilización del método inductivo.

Bruner nos habla de tres procesos en cuanto a la información: adquisición de la información, transformación de la información y evaluación de la información.

La adquisición de la información se lleva a cabo a través de los receptores sensoriales y la percepción. La transformación se logra codificando y clasificando la información entrante, ajustándola a las categorías internas que ya se poseen para comprender el mundo. La respuesta del sujeto no es puramente mecánica, los procesos cognitivos (pensamientos, creencias) median en la relación entre el estímulo y la respuesta, de modo que el sujeto puede mantener la misma respuesta en ambientes diferentes o puede prescindir de un estímulo si no cae dentro de su campo de intereses personales. (González Pérez & Criado del Pozo, 2009, p. 135)

En la etapa de adquisición de información es cuando se debe trabajar con material de apoyo que despierte los sentidos del estudiante y le permita adueñarse con facilidad de conocimientos nuevos. Seguidamente, la transformación de la información se alcanza mediante tres sistemas, los cuales se van desarrollando a lo largo de la vida y una vez desarrollados permanecen activos para siempre. Así tenemos los siguientes:

- **Enactivo.** Opera a través de la acción.
- **Icónico.** Opera por medio de imágenes.
- **Simbólico.** Opera con símbolos. “Emplea sistemas de símbolos [...] para codificar la información. Conduce a un tipo de aprendizaje y pensamiento más abstracto” (González Pérez & Criado del Pozo, 2009, p. 135).

Finalmente, el método que Bruner propone para que los estudiantes procuren habilidades para solucionar problemas es el aprendizaje por descubrimiento. En este tipo de aprendizaje se propone que el individuo obtenga nuevos conocimientos, partiendo desde lo sencillo hacia lo complejo. Además, es necesario recordar que el individuo que aprende necesita del apoyo del maestro para poder construir sus conocimientos nuevos. Será el maestro quien actúe como orientador de sus alumnos.

Descubrir no es dejar que los alumnos trabajen solos. Los maestros disponen y plantean situaciones problemáticas para que los alumnos busquen, manipulen, exploren e investiguen [...] En el aprendizaje por descubrimiento el profesor organiza la clase de modo que los alumnos aprendan con su participación activa por sí mismos. (González Pérez y Criado del Pozo, pp. 136-137)

Teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel.

David Ausubel fue un psicólogo y pedagogo estadounidense de gran importancia para el constructivismo. Él formuló la teoría del aprendizaje significativo. Manifiesta que un aprendizaje es significativo cuando los conocimientos nuevos se relacionan con los conocimientos previos del alumno.

Aprendizaje significativo es el proceso a través del cual una nueva información (un nuevo conocimiento) se relaciona de manera no arbitraria y sustantiva (no-literal) con la estructura cognitiva de la persona que aprende. En el curso del aprendizaje significativo, el significado lógico del material de aprendizaje se transforma en significado psicológico para el sujeto... (Citado en Moreira, s.f., p. 2)

Ahora bien, para que un aprendizaje sea significativo hay que tener en consideración al material didáctico "... el material debe ser relevante y tener una organización clara (significatividad lógica), además de tener una relación con los conceptos ya adquiridos por el alumno (significatividad psicológica)" (González Pérez y Criado del Pozo, p. 138). De esta manera, el material didáctico juega un papel importante en esta teoría. El material debe estar debidamente preparado; para ello se recomienda crearlo, teniendo en cuenta a quiénes está dirigido. Asimismo, debe estar en concordancia con los contenidos que se están tratando, caso contrario no proporcionaría ningún tipo de contribución.



Otro aspecto que plantea Ausubel es la enseñanza expositiva como medio que conduce al aprendizaje significativo. Asegura que a través de ella los profesores presentan los materiales de manera organizada y en secuencia, lo que da lugar a la adaptación de los contenidos con los conocimientos previos de los alumnos. Los pasos de la enseñanza expositiva son:

1. Presentar los conceptos generales mediante organizadores gráficos y después, los particulares.
2. Presentar de forma secuencial y con organización lógica el material nuevo, considerando la estructura cognitiva de los educandos.
3. Promover la actividad del alumno para que codifique el material nuevo.
4. Repasar las ideas principales para asegurar la comprensión de los nuevos conocimientos. (González Pérez y Criado del Pozo, 2009)

En conclusión, podemos decir que el aprendizaje significativo trae ventajas positivas a la educación, porque valora los conocimientos previos de los estudiantes y además propone el uso de recursos didácticos, lo que produce que la información nueva perdure en el educando. En fin, este tipo de aprendizaje fomenta la actividad permanente del sujeto que aprende con la orientación adecuada y pertinente del profesor.

Teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget.

Jean Piaget fue un epistemólogo, psicólogo y biólogo suizo, considerado como el padre de la epistemología genésica, famoso por sus aportes al estudio de la infancia y por su teoría constructivista del desarrollo de la inteligencia. Él manifiesta que los estudiantes desempeñan un rol activo en la adquisición de conocimientos nuevos. Describió cuatro etapas del desarrollo cognoscitivo, cada una significa un avance hacia una más compleja:

1. Etapa sensoriomotora (0 a 2 años).
2. Etapa preoperacional (2 a 7 años).
3. Etapa de operaciones concretas (7 a 11 años).
4. Etapa de operaciones formales (11 años en adelante).

Los principios de desarrollo constituyen otro aspecto importante que hay que destacar en esta teoría. Piaget expone cuatro principios (Santamaría, Milazzo & Quintana, s.f.):

- **Organización.** Es un atributo que posee la inteligencia, permite al sujeto conservar en sistemas coherentes los flujos de interacción con el medio.
- **Adaptación.** Se presenta a través de dos elementos: la asimilación y la acomodación. El proceso de adaptación en momentos busca estabilidad y, en otros, el cambio. La función de adaptación le permite al sujeto aproximarse y lograr un ajuste dinámico con el medio.
- **Asimilación.** Consiste en la incorporación de datos de la experiencia en las estructuras innatas del sujeto.
- **Acomodación.** Implica una modificación de la organización actual en respuesta a las demandas del medio. El sujeto se ajusta a las condiciones externas.

Del mismo modo, Piaget menciona a cuatro factores que intervienen en el desarrollo de las estructuras cognitivas:

- **Maduración.**
- **Experiencia física.**
- **Interacción social.**
- **Equilibrio.**

En cuanto al equilibrio se conoce que tiene la función de normalizar la interacción del sujeto con la realidad. "... Son los denominados "ladrillos" de toda la construcción del sistema intelectual o cognitivo, [...] sirven como marcos asimiladores mediante los cuales la nueva información es incorporada en la persona" (Santamaría, Milazzo & Quintana, p. 3).

En resumen, Piaget en su teoría describe cómo las personas conocen, reúnen y organizan la información que obtienen del medio que les rodea. Asimismo, afirma que los sujetos aprenden mediante el intercambio activo y el docente tiene la tarea de fomentar la interrelación en el aula porque es a través

de ella que el estudiante puede adquirir saberes y hacerlos parte de su estructura cognitiva.

El rol del estudiante en el enfoque constructivista.

Recordemos que la escuela tradicional pretendía que el estudiante se mantenga como un simple receptor. En esa escuela, los estudiantes no podían expresarse con libertad, puesto que solo el profesor es quien tenía absolutamente toda la razón, “La pedagogía tradicional es seguidora de la enseñanza directa y severa, predeterminada por un currículo inflexible y centrado en el profesor” (Rodríguez Cavazos, 2013, p. 44). En fin, en el pasado, el conductismo siempre ha estado fuertemente arraigado y ha generado personas silentes.

Ahora bien, con el surgimiento de las teorías constructivistas podemos hablar de una escuela nueva, en la cual la realidad del pasado se ha ido transformando porque hoy en día, el estudiante tiene el papel protagónico de su aprendizaje, puesto que se convierte en el constructor tanto de esquemas como de estructuras operatorias.

En este enfoque, el sujeto que aprende es el responsable de su propio proceso de aprendizaje, es quien procesa de forma activa la información, es decir que obtiene el conocimiento por su esfuerzo, porque ha logrado relacionar la información nueva con los conocimientos previos que posee.

Con lo que respecta al papel del alumno, trata de subrayar la importancia de la actividad constructivista [...] del educando en su aprendizaje, mediante actividades de asimilación y acomodación de nuevos conocimientos a esquemas precedentes, los cuales a su vez se van construyendo a partir de los nuevos datos. El alumno que aprende no es meramente pasivo ante el enseñante o el entorno. El conocimiento no es un mero producto del ambiente [...] Tal actividad se propicia mediante el ejercicio de la investigación, el fomento de la autonomía intelectual y moral, el aprendizaje significativo [...] la aplicación de lo aprendido y los procesos de individualización y socialización. (Ramírez Toledo, s.f., pp. 3-4)

A continuación, se plantean algunas acciones que son propias del estudiante de la escuela constructivista.

- Participar activamente en las actividades propuestas.



- Expresar sus ideas de acuerdo a los temas tratados.
- Enlazar sus ideas y las de los demás.
- Preguntar a los demás para comprender o aclarar dudas de un tema.
- Indagar sobre los contenidos.
- Escuchar a los compañeros y a la persona que guía el proceso de aprendizaje.
- Cumplir con las actividades propuestas y en los plazos acordados con el facilitador.

El rol del docente en el enfoque constructivista.

Recordemos nuevamente, que en la escuela tradicional el maestro era el centro del proceso educativo, mientras que el estudiante era considerado como un recipiente vacío, en la actualidad, el enfoque educativo es diferente al de años atrás, puesto que ahora el profesor tiene la tarea de ser mediador de los estudiantes, quienes ya no permanecen pasivos como en la escuela tradicional, sino que asumen un rol activo a través del cual pueden alcanzar conocimientos nuevos.

Dentro del constructivismo se considera al docente como aquel profesional reflexivo, que realiza una labor de mediación entre el conocimiento y el aprendizaje de sus alumnos, al compartir experiencias y saberes en un proceso de negociación o construcción conjunta del conocimiento y presta una ayuda pedagógica ajustada a la diversidad de necesidades, intereses y situaciones en que se involucran sus alumnos; es decir, la función central del docente es esencialmente orientar y guiar la actividad mental constructiva de sus alumnos, a quienes proporcionará ayuda pedagógica ajustada a su competencia. (Ramírez Toledo, s.f., p. 3)

Entonces, el profesor tiene la competencia de generar un clima armonioso, de respeto y sobretodo de confianza mutua con los docentes que estén a su cargo. Está encargado de considerar la situación en la que los estudiantes se encuentran, así como también, tener presentes sus intereses, sus necesidades y las diferencias individuales que pudieran tener. Debe estimular y aceptar la iniciativa y la autonomía del estudiante.

A continuación, se plantean algunas acciones que son propias del docente según la escuela constructivista.

- Orienta a sus alumnos a construir conocimientos nuevos.
- Es reflexivo, crítico y soluciona cualquier problema que pueda darse de manera pertinente.
- Promueve aprendizajes significativos, que tengan sentido y que sean beneficiosos.
- Considera la diversidad de sus alumnos, así como también sus necesidades e intereses.
- Respeta las opiniones de sus alumnos.
- Genera un clima de armonía, sin olvidar los buenos valores.
- Hace que la clase se convierta en un espacio de interacción, permitiendo que todos expresen sus ideas.

El material didáctico.

Concepto.

En este punto es conveniente expresar el concepto de material didáctico. Pablo Morales (2012) afirma lo siguiente:

Se entiende por material didáctico al conjunto de medios materiales que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos materiales pueden ser tanto físicos como virtuales, asumen como condición, despertar el interés de los estudiantes, adecuarse a las características físicas y psíquicas de los mismos, además que facilitan la actividad docente al servir de guía; asimismo, tienen la gran virtud de adecuarse a cualquier tipo de contenido. (p.10)

De la misma manera, José María Rodríguez & Adnaloy Pardo (2010) definen a los recursos didácticos como: "... canales que facilitan y apoyan el aprendizaje" (p. 6).

Por lo expuesto podemos asumir que el material didáctico es todo aquel elemento físico o virtual que brinda ayuda tanto al profesor como al estudiante. Además, no hay que olvidar que un buen material didáctico debe ser motivador, debe despertar la curiosidad y mantener el interés hacia su utilización. Tiene que ser de fácil manipulación para que no cause preocupaciones ni distracciones y sobretodo debe tener relación con los contenidos de aprendizaje.



Para que la elaboración del material didáctico se refleje en un buen aprendizaje, es necesario considerar algunas características tales como:

- Tener los objetivos educativos claros para que en base a ellos se pueda construir el material propicio.
- Saber hacia quiénes está dirigido.
- El material debe tener relación con los temas de estudio.
- Tener en cuenta el contexto en el que se va a desarrollar y emplear dicho material.

En el siguiente punto podremos apreciar de mejor manera los aspectos mencionados.

Funciones.

Al momento de diseñar y construir material didáctico es muy importante tomar en cuenta al público al que va dirigido, con la finalidad de que ese recurso realmente sea de utilidad; entre las funciones que tienen los materiales didácticos se encuentran las siguientes (Morales, 2012):

Proporcionar información: La información que brinda debe ser de relevancia para el receptor. El motivo de brindar la información por conducto de este medio, es para que el receptor pueda comprenderla con mayor facilidad.

Cumplir con un objetivo: Antes de construir un material didáctico es primordial tener en claro el objetivo que se desea cumplir con éste, para que una vez que ya se haya determinado, se proceda a la elaboración de un material que cumpla con las características deseadas para satisfacer al objetivo.

Guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje: Los materiales didácticos ayudan en el proceso de enseñanza-aprendizaje, delimitan los contenidos para no confundir a los estudiantes.

Contextualizar a los estudiantes: En los materiales didácticos se puede y deben incluirse imágenes u objetos que favorezcan al estudiante a relacionar lo que se le está explicando.

Factibilizar la comunicación entre el docente y los estudiantes: Los materiales didácticos deben estar creados a tal grado que cualquier persona

pueda entenderlos; además, los materiales didácticos han generado estímulos en las relaciones entre los profesores y los alumnos.

Acercar las ideas a los sentidos: Los materiales didácticos son tan diversos que pueden ser percibidos por los distintos sentidos, lo cual es un gran apoyo para que los estudiantes puedan vincular la información de una manera más personal, y en algunos casos se puede llegar a relacionar con experiencias y así lograr que los aprendizajes sean significativos.

Motivar a los estudiantes: Esta es una de las funciones más importantes, pues los materiales didácticos deben despertar la curiosidad, creatividad, entre otras habilidades. Con ellos los estudiantes deben prestar mayor atención a los contenidos que se están tratando.

Importancia del uso de material didáctico.

En la educación actual es imprescindible la utilización de recursos didácticos porque facilitan el aprendizaje, permitiendo que los conocimientos nuevos no sean olvidados. Además, por medio de ellos, el estudiante llega a experimentar aquello que estaba en teoría, es decir, que utilizar recursos didácticos es clave porque permite dejar de lado la educación bancaria y alcanzar un aprendizaje significativo, tal como lo sugiere David Ausubel.

Todas las asignaturas existentes necesitan materiales que conduzcan al educando a la participación activa, cooperativa y autónoma. “El proceso de enseñanza-aprendizaje de cada asignatura, requiere métodos y técnicas específicos que promuevan en los y las estudiantes la participación activa, cooperativa y autónoma, en los trabajos propuestos para la clase” (Torres & Girón, 2009, p.51).

El material didáctico es, sin duda, una herramienta importante en el proceso educativo actual porque permite a los educandos entender con facilidad los conceptos teóricos. Es a través del material didáctico que los educandos pueden apropiarse de los conocimientos nuevos y así, consolidar sus aprendizajes. Fernando Reyes Baños (2008) expone algunas características de los recursos didácticos, entre ellas tenemos que: “Son un conjunto de elementos que facilitan la realización del proceso de enseñanza y aprendizaje.



Proporcionan experiencias sensoriales significativas acerca de un determinado conocimiento. Contribuyen a que los estudiantes construyan un conocimiento determinado” (p.3).

Asimismo, la importancia del material didáctico radica en su poder para generar un clima de confianza entre el docente y los estudiantes. Con la utilización de recursos didácticos los docentes mantendrán la atención y participación de los estudiantes, así como también podrán gozar del aprendizaje rápido y eficaz.

Las ayudas didácticas son importantes porque estimulan los sentidos mejorando la calidad de los aprendizajes. Permiten ahorro de tiempo, ya que además de hacer que los alumnos y alumnas aprendan más eficazmente, facilitan un rápido aprendizaje. Despiertan el interés y mantienen la atención de quienes escuchan, evitando el aburrimiento y la monotonía. Dan vida a la clase... (Torres & Girón, 2009, p.72)

En conclusión, hay que tener presente que el material didáctico constituye un pilar fundamental para un aprendizaje significativo, y según Torres & Girón (2009) debe ser utilizado para que el estudiante: “Verifique sus propias hipótesis. Ponga en práctica las informaciones teóricas recibidas. Tenga posibilidades de desarrollar su capacidad creadora. Afirme, compruebe y aplique lo aprendido” (p.78). En resumen, hay que recordar que el material didáctico es la fuente principal para conseguir un aprendizaje verdadero y sobre todo el que permite que el estudiante sea crítico conjuntamente con el apoyo del docente.

Tipos de recursos

Los docentes tienen a disposición varios recursos didácticos que pueden utilizar para lograr la eficacia del proceso de enseñanza-aprendizaje. Entre ellos podemos mencionar estos:

- Material impreso
- Gráficas
- Ilustraciones
- Material de experimentación
- Material audiovisual, entre otros.



El tipo de recurso didáctico que se propone en este trabajo de titulación es el material de experimentación que según Torres Maldonado & Girón Padilla se trata de maquinarias, instrumentos de laboratorio, materiales, sustancias, etc. Este tipo de material se utiliza para que el educando:

- Verifique sus propias hipótesis.
- Ponga en práctica las informaciones teóricas recibidas.
- Tenga posibilidades de desarrollar su capacidad creadora.
- Afirme, compruebe y aplique lo aprendido.



CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN ESTADÍSTICA

DIAGNÓSTICO

Presentación del problema.

El electromagnetismo es una rama fundamental de la Física que estudia las relaciones existentes entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos magnéticos. Esta asignatura, por tener un amplio estudio a nivel superior, necesita de mucha atención ya que varios de los fenómenos naturales que se presentan se relacionan de gran manera con esta rama.

En el estudio amplio de esta asignatura, que al poseer contenidos muy abstractos en todos sus subtemas, surge un sin número de dificultades de entendimiento para los estudiantes, en donde los conceptos pedagógicos impartidos por el docente necesitan ser apoyados por modelos didácticos que respalden dichos esquemas mentales solidificando así el conocimiento.

Para poder aliviar la problemática planteada en el presente proyecto se han desarrollado encuestas dirigidas a hacer énfasis en la necesidad y la incorporación de material didáctico para el laboratorio de física, de la carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca.

Por medio de la presente encuesta destinada a estudiantes de la carrera se logrará obtener datos importantes, los cuales a su vez serán interpretados con la finalidad de ser empleados en la elaboración del material físico necesitado; asimismo estos materiales lúdicos servirán tanto para docentes, quienes se apoyarán en ellos llegando de una manera más entendible a los alumnos y recíprocamente los estudiantes, quienes canalizarán todos estos conceptos de una mejor manera.



Selección de la población.

En el presente proyecto la población que fue considerada comprende a los estudiantes que cursan el séptimo y noveno ciclo de la carrera de Matemáticas y Física del periodo marzo 2017 – Julio 2017. Cabe mencionar que los estudiantes de séptimo ciclo aún cursan la asignatura de electromagnetismo mientras que los de noveno ya aprobaron la asignatura. Por tanto, al ser un grupo en el que se conoce el número de estudiantes, la muestra corresponde a la totalidad de la población.

Metodología.

Para la obtención de la información se procedió a realizar una encuesta a los estudiantes de la carrera, la misma que se estructuró en 10 preguntas, las cuales llevaron a evidenciar la problemática y así a representar los resultados obtenidos corroborando de esa manera la necesidad de implementar material didáctico en la temática de coordenadas curvilíneas y campo magnético correspondiente al electromagnetismo.

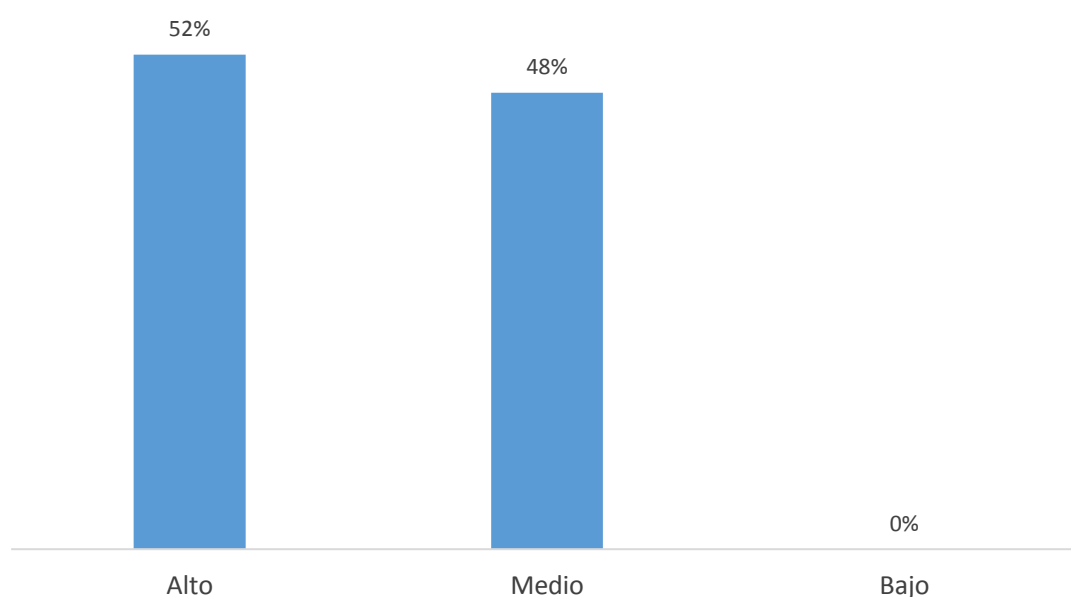
Análisis de la encuesta.

En el presente proyecto se verificó, analizó y representó mediante gráficas de columnas y circulares cada una de las preguntas de la encuesta a fin de tener una información valedera y real. Todos los gráficos y tablas elaboradas salen a partir de una encuesta realizada; por tal motivo es propiedad de los autores del proyecto.

PREGUNTA 1: Según su perspectiva, ¿cuál es el nivel de complejidad de la asignatura de electromagnetismo?

Tabla 2.1
Nivel de complejidad de electromagnetismo.

Nivel	Número de estudiantes	Porcentaje
Alto	14	52%
Medio	13	48%
Bajo	0	0%
Total	27	100%


Gráfica 2.1 Nivel de complejidad de electromagnetismo.

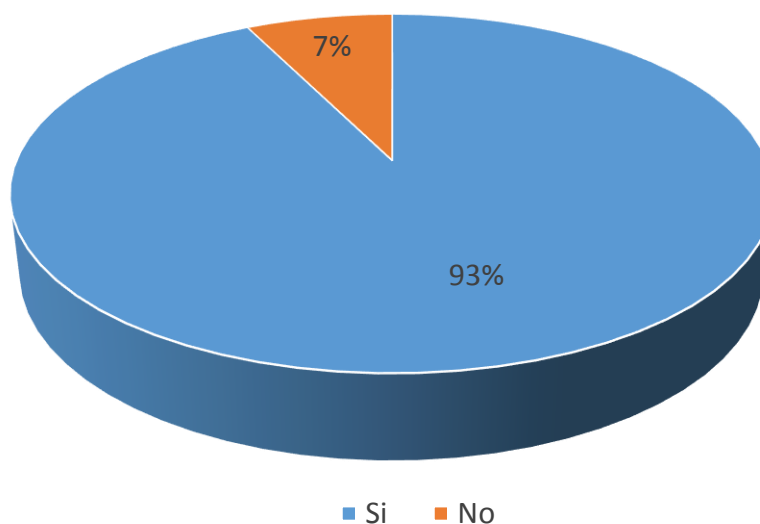
De los siguientes resultados se evidencia cómo los estudiantes valoran la complejidad de la asignatura en función de tres aspectos: alto, medio, bajo. Un 52% de los encuestados afirma que la asignatura posee un alto nivel de complejidad, un 48% señala que la asignatura posee un nivel medio de complejidad, mientras que el 0% indica que la materia no posee complejidad.

PREGUNTA 2: ¿Cree Ud. que las explicaciones del docente de Electromagnetismo necesitan ser apoyadas con material didáctico?

Tabla 2. 2

Necesidad de apoyo con material didáctico.

Respuesta	N° de Estudiantes	Porcentaje
Sí	25	93%
No	2	7%
Total	27	100%



Gráfica 2.2 Necesidad de apoyo con material didáctico.

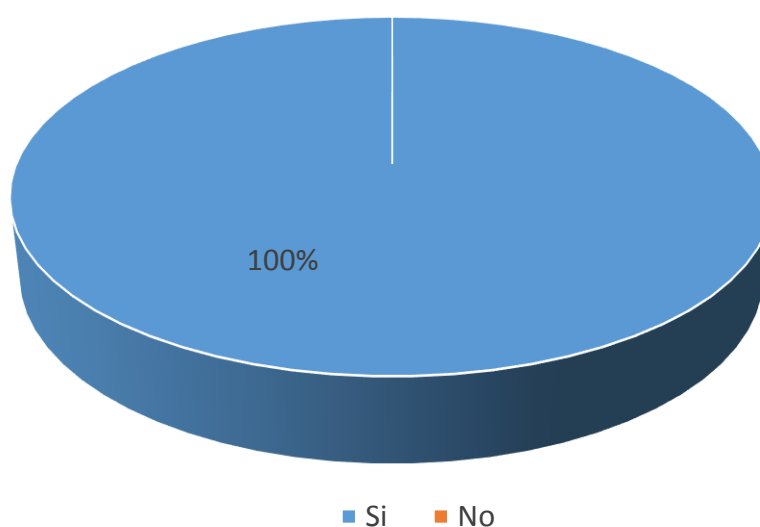
De acuerdo con la gráfica, el 93%, correspondiente a 25 estudiantes, afirman la necesidad de contar con material didáctico para apoyo en la asignatura de electromagnetismo, mientras que el 7% de los encuestados, 2 estudiantes, opinan lo contrario.

PREGUNTA 3: ¿Considera Ud. que el material didáctico es un complemento positivo que puede ayudar a mejorar la comprensión de los estudiantes?

Tabla 2.3.

Necesidad de material didáctico para mejorar la comprensión en los estudiantes.

Respuesta	N° de estudiantes	Porcentaje
Sí	27	100%
No	0	0%
Total	27	100%



Gráfica 2.3 Necesidad de material didáctico para mejorar la comprensión en los estudiantes.

De los resultados obtenidos en esta pregunta, el 100% de los encuestados ven la necesidad de contar con material didáctico, el cual ayudará a la comprensión de la asignatura y su contenido de coordenadas curvilíneas y campo magnético.

PREGUNTA 4: Si su respuesta anterior fue Sí, señale los aspectos en los que considera que influye positivamente el uso del material didáctico.

Tabla 2.4.

Aspectos positivos para el uso de material didáctico.

Aspectos	Frecuencia	Porcentaje
Mayor comprensión de los temas	21	78%
Interés hacia la asignatura	14	52%
Participación activa en clase	16	59%
Promueve aprendizajes significativos	21	78%
Todos los anteriores	8	30%

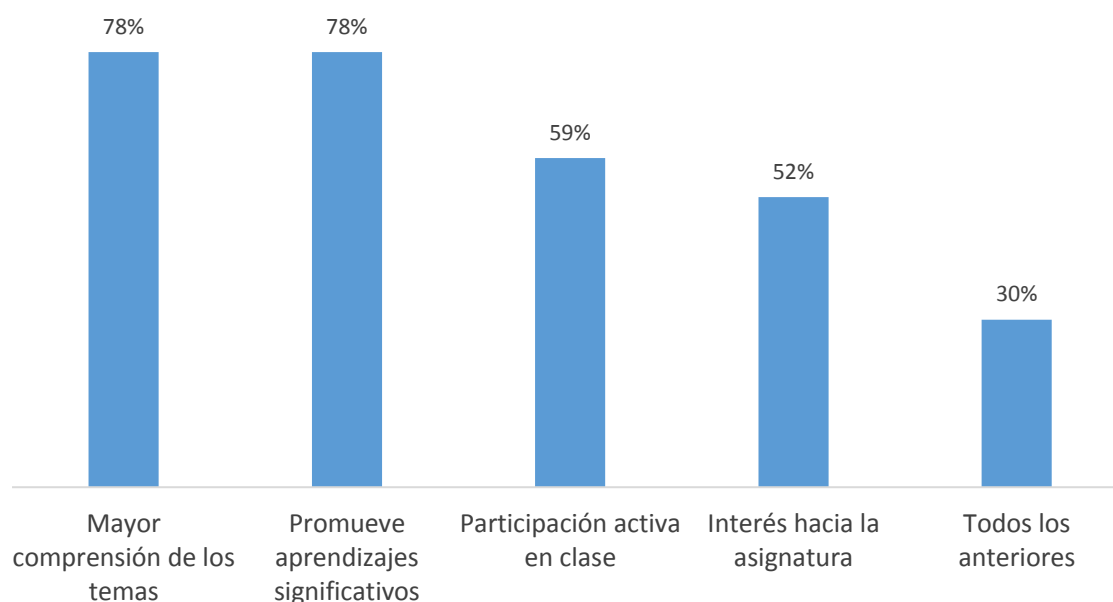


Gráfico 2.4 Aspectos positivos para el uso de material didáctico.

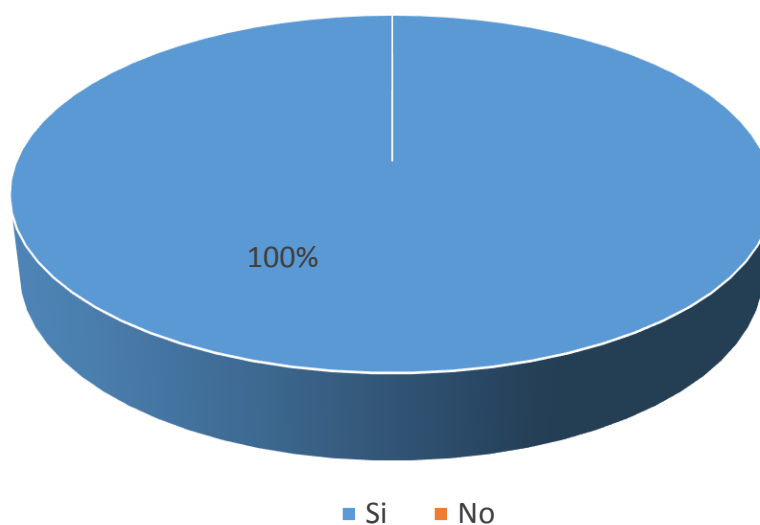
Nota: En esta pregunta el estudiante podría marcar más de una opción, por lo tanto, el porcentaje observado no será el 100 por ciento

De los siguientes resultados, como se observan en la gráfica, se evidencia que el uso de material didáctico es importante, ya que con el mismo los estudiantes tendrán un porcentaje alto, 78%, para la comprensión de los temas de la asignatura; de igual modo se promueve aprendizajes significativos. También se puede observar que con el uso de material lúdico se da oportunidad a las otras opciones mostradas en la gráfica.

PREGUNTA 5: ¿Considera necesario disponer de material didáctico en la asignatura de electromagnetismo?

Tabla 2.5.*Necesidad de disponer de material didáctico en electromagnetismo.*

Respuesta	N° de estudiantes	Porcentaje
Sí	27	100%
No	0	0%
Total	27	100%

*Gráfica 2.5 Necesidad de disponer de material didáctico en electromagnetismo.*

De los encuestados, el 100% de los estudiantes ven la necesidad de disponer de material lúdico en la asignatura de electromagnetismo, de esta forma se entendería de mejor manera la temática de coordenadas curvilíneas propuesta en el texto.

PREGUNTA 6: De los siguientes tipos de material didáctico, ¿cuál considera Ud. más viable para la enseñanza de Electromagnetismo? Apunte, desde nada importante (1), hasta el muy importante (4)

Tabla 2.6.

Materiales didácticos más viables para la enseñanza de Electromagnetismo.

a. Textos complementarios.

Respuesta	Nº de estudiantes	Porcentaje
Importante	9	33%
Poco importante	8	30%
Nada importante	6	22%
Muy importante	4	15%
Total	27	100%

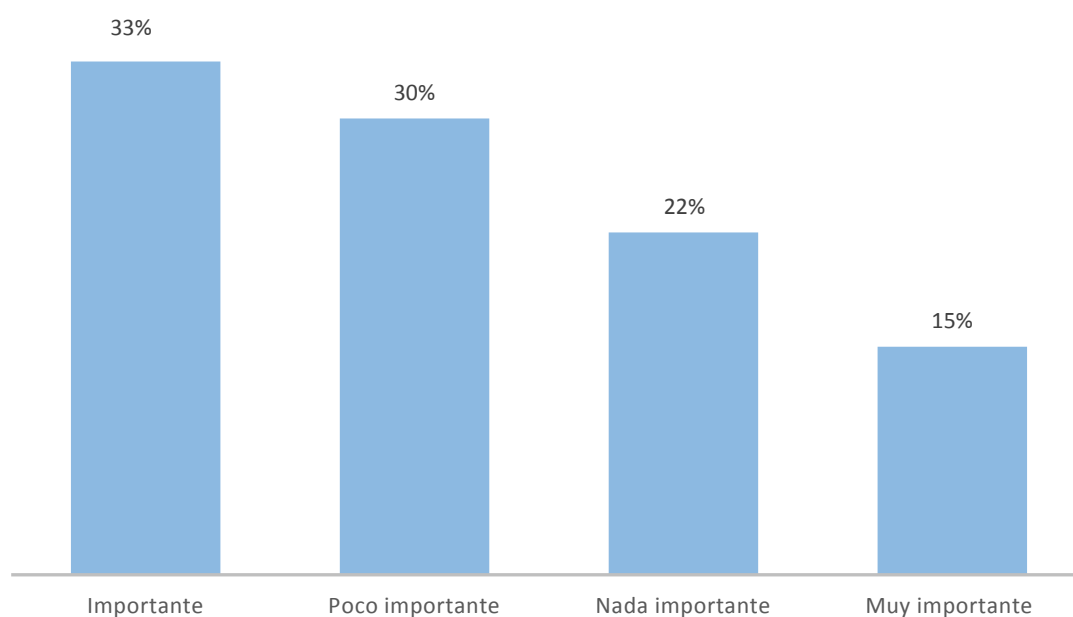


Gráfico 2.6 Materiales didácticos más viables para la enseñanza de Electromagnetismo.

De los siguientes resultados se evidencia cómo los estudiantes señalan el nivel de importancia del material didáctico, así tenemos: Un 33% de los encuestados afirman que es Importante los textos complementarios para la enseñanza de Electromagnetismo, un 30% señala como Poco importante los textos complementarios para la enseñanza de Electromagnetismo, un 22% indica que los textos complementarios para la enseñanza de Electromagnetismo como Nada importante, un 15% avala como Muy importante los textos complementarios para la enseñanza de Electromagnetismo.

Tabla 2.6.1.

Materiales didácticos más viables para la enseñanza de Electromagnetismo.

b. Instrumentos de laboratorio

Respuesta	Nº de estudiantes	Porcentaje
Nada importante	4	15%
Poco importante	3	11%
Importante	6	22%
Muy importante	14	52%
Total	27	100%

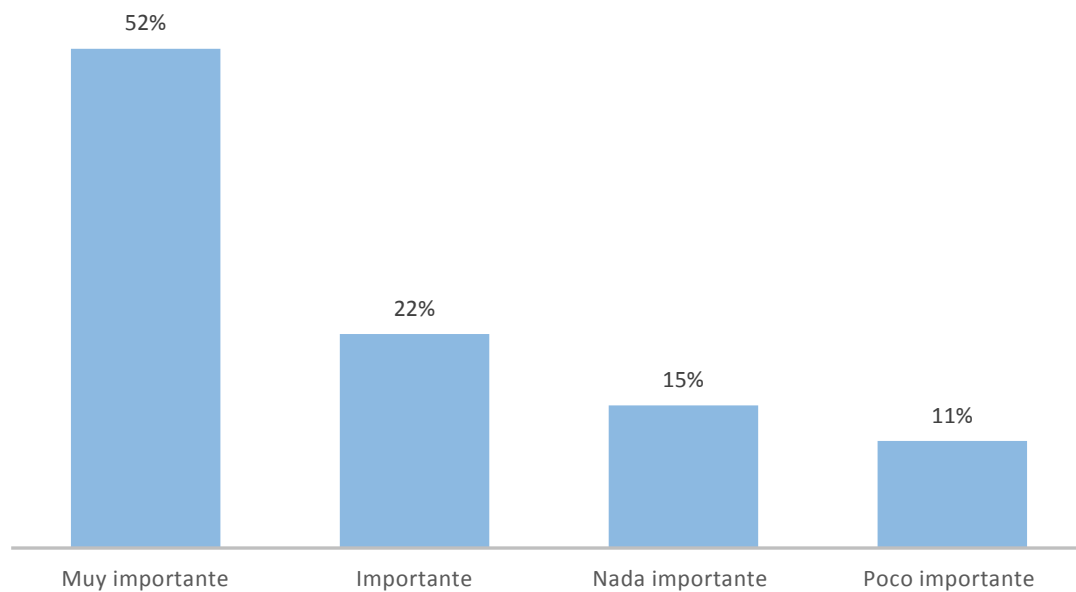


Gráfico 2.6.1 Materiales didácticos más viables para la enseñanza de Electromagnetismo.

Del siguiente gráfico se evidencia cómo los estudiantes señalan el nivel de importancia del material didáctico, así tenemos: Un 52% de los encuestados afirman que es Muy importante los instrumentos de laboratorio para la enseñanza de Electromagnetismo, un 22% señala como Importante los instrumentos de laboratorio para la enseñanza de Electromagnetismo, un 15% indica como Nada importante los instrumentos de laboratorio para la enseñanza de Electromagnetismo, por último un 11% avala como Poco importante los instrumentos de laboratorio para la enseñanza de Electromagnetismo.

Tabla 2.6.2.

Materiales didácticos más viables para la enseñanza de Electromagnetismo.

c. Páginas web

Respuesta	N° de estudiantes	Porcentaje
Nada importante	11	41%
Poco importante	9	33%
Importante	4	15%
Muy importante	3	11%
Total	27	100%

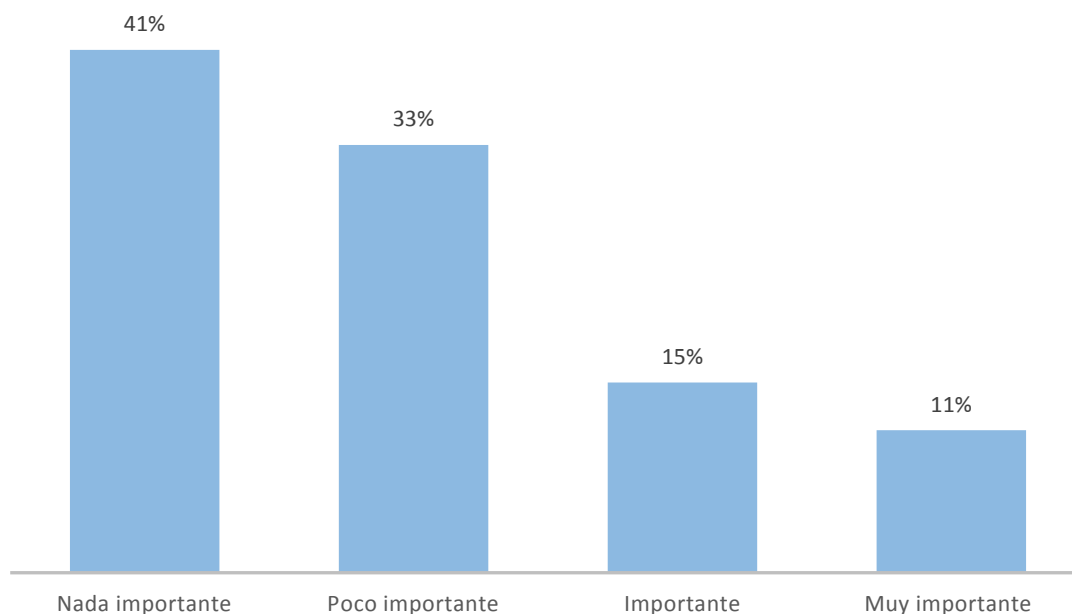


Gráfico 2.6.2 Materiales didácticos más viables para la enseñanza de Electromagnetismo.

Del siguiente gráfico se observa cómo los estudiantes señalan el nivel de importancia del material didáctico, así tenemos: Un 41% de los encuestados dicen que es Nada importante el uso de páginas web para la enseñanza de Electromagnetismo, un 33% señala como Poco importante las páginas web para la enseñanza de Electromagnetismo, un 15% indica como Importante las páginas web para la enseñanza de Electromagnetismo, y solo un 11% avala como Muy importante las páginas web para la enseñanza de Electromagnetismo.

Tabla 2.6.3.

Materiales didácticos más viables para la enseñanza de Electromagnetismo.

d. Gráficos

Respuesta	N° de estudiantes	Porcentaje
Nada importante	5	18%
Poco importante	10	37%
Importante	5	18%

Muy importante	7	27%
Total	27	100%

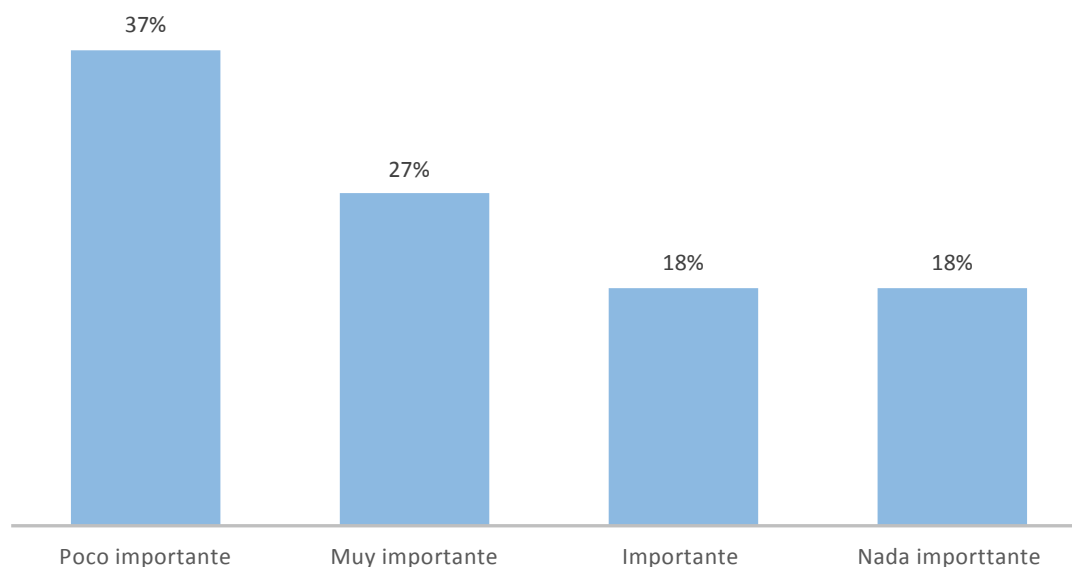


Gráfico 2.6.3 Materiales didácticos más viables para la enseñanza de Electromagnetismo.

Del siguiente gráfico podemos ver cómo los estudiantes señalan el nivel de importancia del material didáctico, así tenemos: Un 37% de los encuestados dicen que es poco importante el uso de gráficos para la enseñanza de Electromagnetismo, un 27% señala como Muy importante los gráficos para la enseñanza de Electromagnetismo, un 18% indica como Importante los gráficos para la enseñanza de Electromagnetismo, y un 18% avala como Nada importante el uso de gráficos para la enseñanza de Electromagnetismo.

PREGUNTA 7: El material didáctico existente en el laboratorio de Física para la enseñanza de Electromagnetismo es:

Tabla 2.7.

Material didáctico existente para electromagnetismo.

Respuesta	N° de estudiantes	Porcentaje
Insuficiente	15	55%
Medianamente suficiente	11	41%
suficiente	1	4%
Total	27	100%

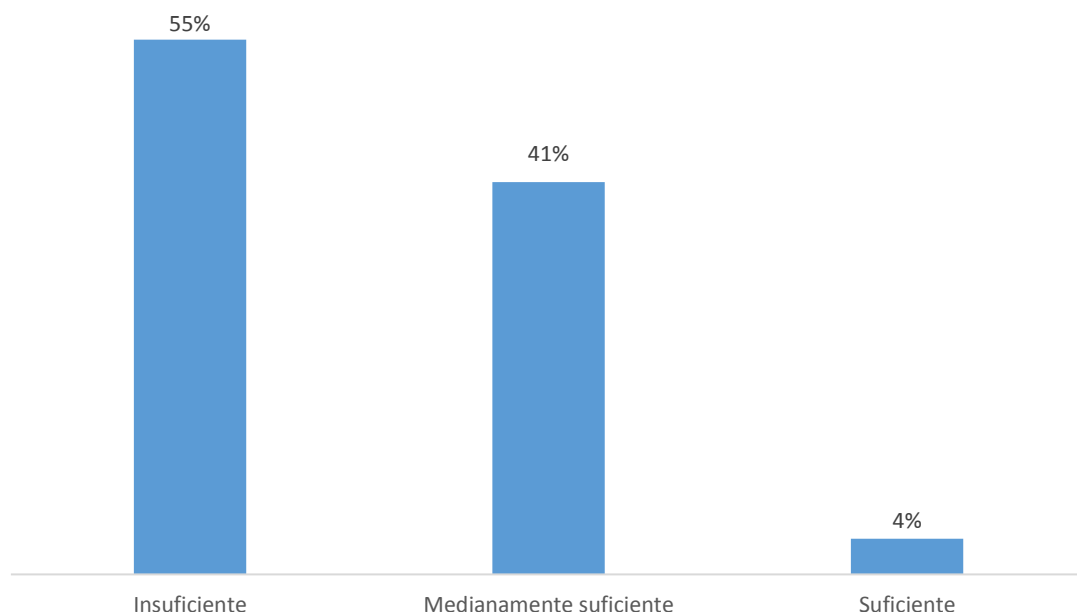


Gráfico 2.7 Material didáctico existente para electromagnetismo.

De los siguientes resultados se puede constatar cómo los estudiantes valoran la existencia de material didáctico en el laboratorio de física para la enseñanza de Electromagnetismo en función de tres aspectos: insuficiente, medianamente suficiente y suficiente. Un 55% de los encuestados afirma que el material didáctico existente en el laboratorio de física para la enseñanza de Electromagnetismo es insuficiente, un 41% señala que el material didáctico existente en el laboratorio de física para la enseñanza de Electromagnetismo es medianamente suficiente, entretanto que el 4% indica que el material didáctico existente en el laboratorio de física para la enseñanza de Electromagnetismo es suficiente.

PREGUNTA 8: Señale la frecuencia con la que Ud. usa material didáctico en el aula.

Tabla 2.8.

Frecuencia con la que utiliza material didáctico en el aula.

Respuesta	Nº de estudiantes	Porcentaje
Nunca	5	18%
A veces	18	67%
Casi siempre	4	15%
Siempre	0	0%

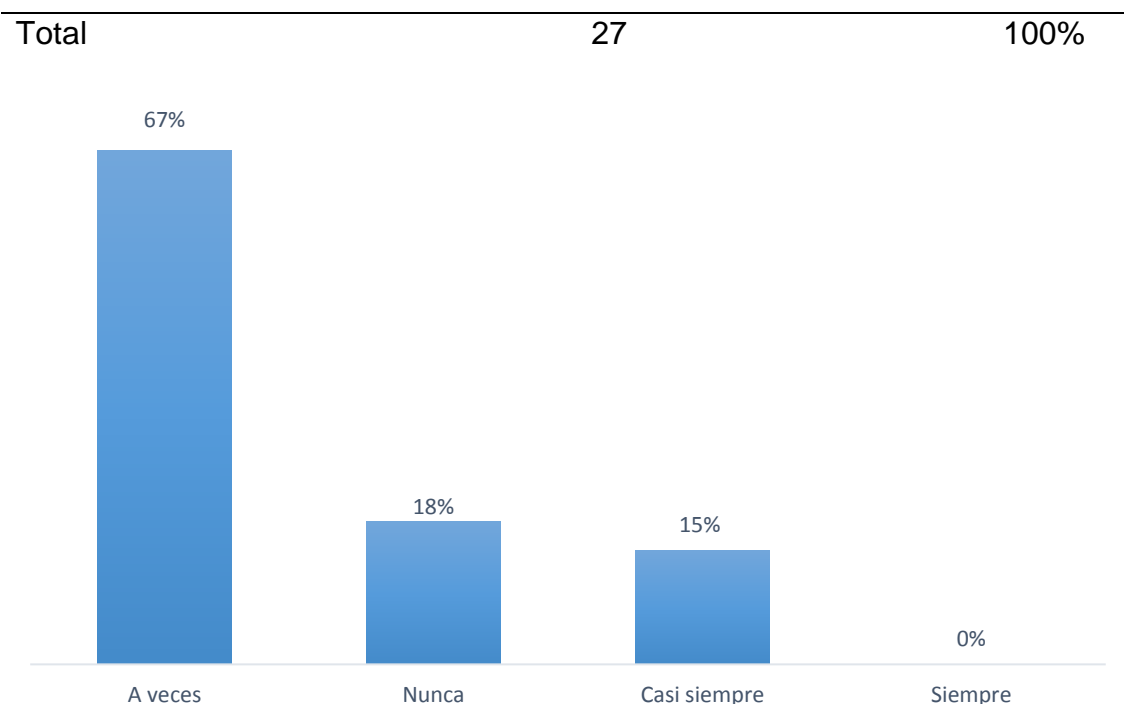


Gráfico 2.8 Frecuencia con la que utiliza material didáctico en el aula.

Del siguiente gráfico se puede observar cómo los estudiantes valoran la frecuencia con la que usan material didáctico en el aula en función de cuatro aspectos: nunca, A veces, casi siempre, siempre. Un 18% de los encuestados afirman que nunca utilizan material didáctico en el aula, un 67% señala que a veces utiliza material didáctico en el aula, un 15% manifiestan que casi siempre usan material didáctico en el aula, mientras que el 0% indica que siempre utilizan material didáctico en el aula.

PREGUNTA 9: Si el laboratorio de Física contara con material didáctico nuevo y llamativo para la enseñanza de Electromagnetismo, ¿usted lo utilizaría?

Tabla 2.9.

Uso de material didáctico en electromagnetismo.

Respuesta	N° de estudiantes	Porcentaje
Sí	27	100%
No	0	0%
Total	27	100%

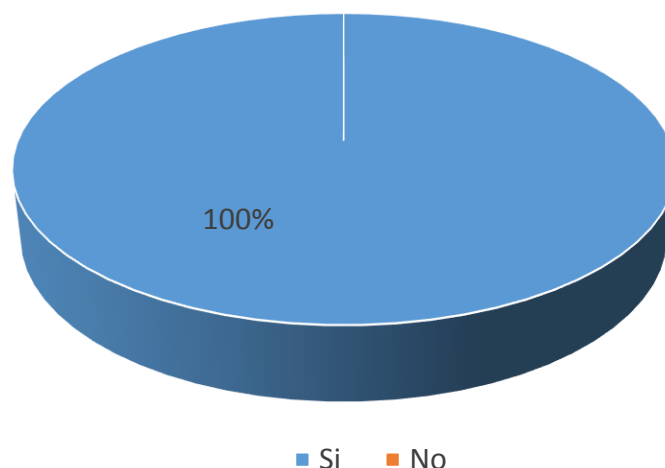


Gráfico 2.9 Uso de material didáctico en electromagnetismo.

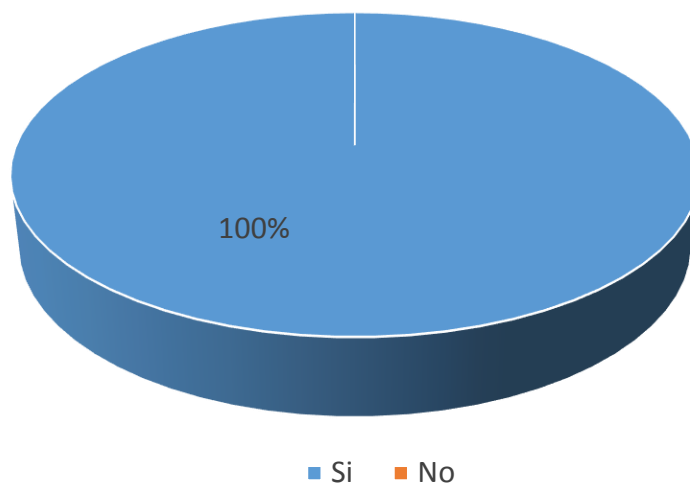
En la gráfica mostrada, se evidencia que en su totalidad los estudiantes optarían por el uso de material didáctico en la asignatura de electromagnetismo.

PREGUNTA 10: ¿Recomendaría usted la implementación de recursos didácticos para la enseñanza de electromagnetismo?

Tabla 2.10.

Recomendación de dotar material lúdico para la asignatura.

Respuesta	Nº de estudiantes	Porcentaje
Sí	27	100%
No	0	0%
Total	27	100%



Gráfica 2.10. Recomendación de dotar material lúdico para la asignatura.

De los resultados obtenidos en esta pregunta, el 100% de los encuestados recomiendan la implementación de recursos didácticos para la enseñanza de Electromagnetismo.

Interpretación de resultados

La cátedra de Electromagnetismo requiere de aprendizajes activos, los mismos que se consiguen a partir de recursos perceptibles y de fácil ejecución.

De los resultados obtenidos en la encuesta se puede evidenciar claramente que para la mayoría de los estudiantes no siempre quedó clara la explicación dada por el docente de Electromagnetismo. Por tal hecho, el nivel de entendimiento se encuentra en una categoría media. Entonces se revela la falta de comprensión de la asignatura.

En un prominente porcentaje, los alumnos de la carrera coinciden que la causa principal de que los contenidos de la asignatura de Electromagnetismo no fueran entendidos se debe a que los mismos poseen un nivel medio y alto de complejidad. Por ese mismo hecho, se puede estimar la necesidad de integrar material didáctico para la enseñanza en este medio.

Las contestaciones obtenidas en las encuestas nos ayuda a proyectar que algunos de los encuestados no juzgan los textos complementarios de



Electromagnetismo como recursos completamente didácticos, por lo que su contenido es poco entendible, en discrepancia a lo que manifiestan más adelante asegurando que su rendimiento en exámenes teóricos y prácticos es bueno.

Los resultados evidencian la carencia de recursos didácticos en el laboratorio de Física para el entendimiento de temas de Electromagnetismo, y que posibilite al docente encargado de la materia aprestar de estos recursos. Incluso, los encuestados coinciden que la utilización de maquetas o dispositivos lúdicos ampliaría el interés por ilustrarse en la misma, en temas donde es necesaria la interpretación de las diferentes coordenadas curvilíneas que hay en el texto guía. También, que ayude a fomentar conceptos abstractos como operaciones en coordenadas curvilíneas, entre otros.

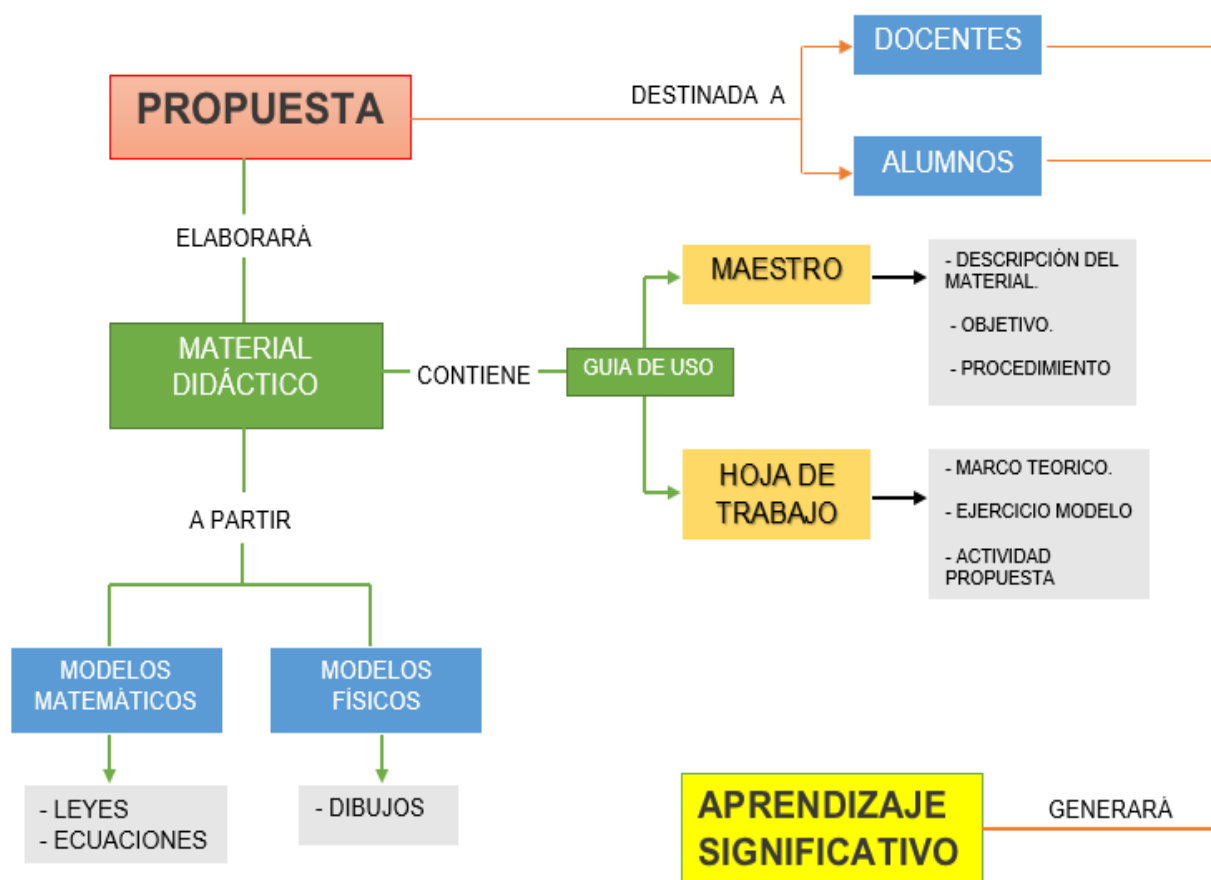
Al utilizar maquetas que detallen modelos curvilíneos, los encuestados confirman que su nivel de retención de la materia se ampliaría; por ende es importante para ellos que el laboratorio pueda disponer de maquetas y sus respectivas guías de uso.

Finalmente, de los resultados obtenidos y analizados detenidamente de la encuesta se puede confirmar la necesidad de construir material lúdico que forme parte del laboratorio de Física y que, mediante guías de uso, dé ayuda a los contenidos de la asignatura de Electromagnetismo.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y VALIDACIÓN

Estructura de la propuesta.



Gráfica 3.1. Esquema de la propuesta.

Introducción.

El actual Trabajo de Titulación se ha encaminado al diseño y elaboración de material didáctico; así, de este modo, se creará una alternativa tanto para el maestro de enseñar y a su vez aportará en los estudiantes una forma muy activa de aprender a partir de modelos no solo mentales, sino físicos y manejables. El material didáctico elaborado abarca diversos temas de la asignatura de Electromagnetismo para la Carrera de Matemáticas y Física; del mismo modo, este recurso físico será acompañado de una guía de uso para el maestro, el cual contiene la descripción del material, el objetivo y el procedimiento para el cual está destinado el material didáctico; finalmente se anexará una hoja de trabajo de cada dispositivo elaborado que incluirá marco teórico, ejercicio modelo y actividades propuestas destinadas hacia el estudiante.

La finalidad de la guía pretende que el docente emplee adecuadamente cada dispositivo y simultáneamente despierte saberes e interés en los estudiantes. En esta guía destinada para el maestro, se dará pautas para el uso correcto del material didáctico, apoyándose conjuntamente con el tema correspondiente del texto, asimismo en ciertas ocasiones se dispondrá de más de un dispositivo para abarcar una temática, mientras que en otros exclusivamente se manipulará el material didáctico idóneo con el fin de explicar ecuaciones o expresiones físico – matemáticas vinculadas al tema tratado.

La parte destinada al estudiante, la hoja de trabajo, pretende reforzar y consolidar los conocimientos adquiridos en base a los tres momentos de la clase. En primera instancia el marco teórico con conceptos y ecuaciones, busca afianzar el momento didáctico presentado por el docente; seguido de esto, en el ejercicio modelo, el alumno aplicará todo lo asimilado anteriormente; finalmente en última instancia, la actividad propuesta, el estudiante reafirmará todo lo aprendido de manera grupal o a su vez individualmente.

Matriz de Planeación.

En la presente tabla elaborada se expone la variedad de materiales y su incorporación en temas propios del texto de Electromagnetismo del Dr. Santiago Avecillas.

Tabla 3.1.
Matriz de Planeación.

UNIDAD	SUB-UNIDAD	TEMA	MATERIAL DIDÁCTICO	ACTIVIDADES
FUNDAMENTACIÓN MATEMÁTICA	CÁLCULO VECTORIAL	La Integral de Línea	Integral de Línea	Hoja de trabajo
		Integrales de Superficie y de Volumen	Integral de Superficie y Elementos	Hoja de trabajo
			Integral de Volumen y Elementos	Hoja de trabajo
	COORDENADAS CURVILÍNEAS	Transformación de Coordenadas	Sistema Curvilíneo de Referencia	Hoja de trabajo
		Otros Sistemas de Coordenadas Curvilíneas	Coordenadas Cilíndricas - Parabólicas	Hoja de trabajo
			Coordenadas Cilíndricas - Elípticas	Hoja de trabajo
CAMPO ELÉCTRICO	CAMPO ELÉCTRICO ESTÁTICO EN VACÍO	Relación entre la intensidad de campo eléctrico y su potencial	Vector incremento de posición.	Hoja de trabajo
		Dipolo eléctrico. Momento dipolar eléctrico.	Dipolo eléctrico	Hoja de trabajo
CAMPO MAGNÉTICO	CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO	Potencial magnetostático y FMM. Circuitos magnéticos	Circuito simple con núcleo simple	Hoja de trabajo
			Circuitos simples con núcleos compuestos	Hoja de trabajo



		Circuitos magnéticos complejos	circuitos simples con núcleo simple con brecha de aire	Hoja de trabajo
			circuito simple de núcleo compuesto con brecha de aire	Hoja de trabajo
			circuito simple con núcleo compuesto con dos magnetomotancias	Hoja de trabajo
			circuito compuesto con dos magnetomotancias	Hoja de trabajo

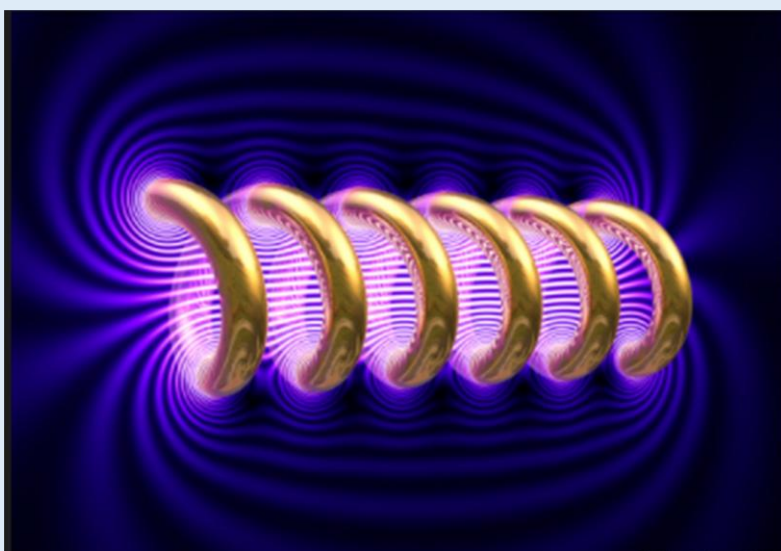
UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN.

CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA.

GUÍA DE USO



“ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE
COORDENADAS CURVILÍNEAS CORRESPONDIENTE AL
ELECTROMAGNETISMO, EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA
DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”

CUENCA – 2018

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

INTEGRAL DE LÍNEA

TEMAS QUE CUBRE

LA INTEGRAL DE LÍNEA



Gráfica 3.2. Integral de Línea.

Tabla 3.2.
Descripción Integral de Línea.

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Eje X	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Abscisa
Eje Y	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Ordenada
Eje z	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Coordenada Espacial
Curva	Alambre Galvanizado	Plateado	Uno	Curva en el espacio
Esfera	Plástico	Rosado	Uno	Partícula móvil en la curva
Saeta	Plástico	Celeste	Uno	Vector posición tangencial

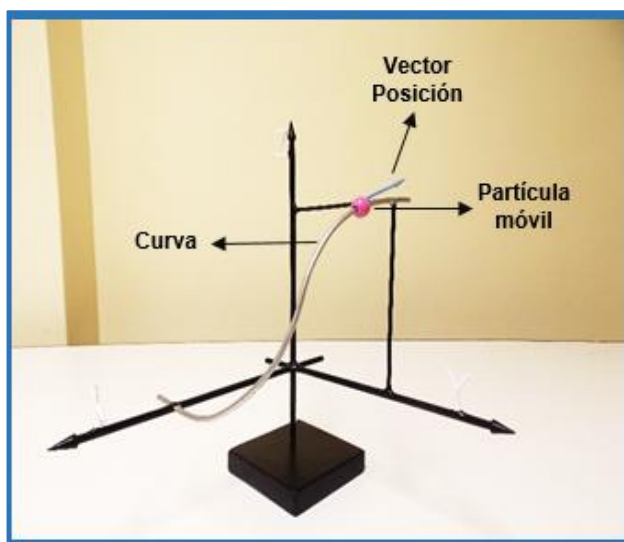
GUÍA PARA EL MAESTRO**LA INTEGRAL DE LÍNEA**

Objetivo: Conocer algunos conceptos relacionados con esta operación del Análisis vectorial.

Procedimiento:

a. Presente el material didáctico, describa brevemente los elementos que este contiene y cuál es el papel que desempeñan los mismos, para ello tome en consideración la gráfica presentada a continuación:

b. Proponiéndose la siguiente situación: Mueva la partícula a lo largo de la curva simple y platéeles la pregunta, ¿Cómo ellos pueden determinar el desplazamiento que esta partícula recorre?



Gráfica 3.3.

c. Basado en la actividad previa realizada con el material didáctico, explique algunas aplicaciones de lo que es la integral.

d. Explique lo que es la integral de línea y su aplicación en la determinación del desplazamiento de una partícula a lo largo de una curva.

e. Enfatice su uso en el campo de la física mediante ejemplos prácticos. Por ejemplo, considere que la partícula está dentro de un campo de fuerzas \vec{F} que actúa sobre la misma que se desplaza sobre la curva, el resultado de la integral representa el trabajo realizado por dicha fuerza.

f.

HOJA DE TRABAJO

MARCO TEÓRICO: LA INTEGRAL DE LÍNEA

Sea $\vec{R}(t)$ el vector posición de los puntos P_i de una curva C que pasa por los puntos P_1 y P_2 , correspondientes a $t = t_1$ y $t = t_2$, respectivamente. Si en la región de la curva C existe un campo vectorial \vec{A} , definido y continuo, entonces la integral de la componente tangencial de \vec{A} a lo largo de C , desde P_1 hasta P_2 es:

$$\int_{P_1}^{P_2} \vec{A} \cdot d\vec{l} = \int \vec{A} \cdot d\vec{l}$$

la cual se conoce como “integral de línea” o “integral curvilínea” y tiene aplicaciones en el campo de la Física. Por ejemplo si el campo vectorial \vec{A} correspondiera a un campo de fuerzas \vec{F} que actúa sobre una partícula que se desplaza sobre la curva C , la integral representaría el trabajo realizado por dicha fuerza. Las expresiones cartesianas, cilíndrica y esférica de $\int \vec{A} \cdot d\vec{l}$ son:

$$\int A_x dx + A_y dy + A_z dz ; \int A_R dR + R A_\phi d\phi + A_z dz ; \int A_r dr + r A_\theta d\theta + r \sin \theta A_\phi d\phi$$

La integral de línea a lo largo de una trayectoria cerrada simple se expresa en la forma $\oint \vec{A} \cdot d\vec{l}$. En mecánica de fluidos, teoría de campos, etc., esta integral se conoce como “la circulación de \vec{A} a lo largo de C ”, $\text{cir } \vec{A}$, esto es:

$$\text{cir } \vec{A} = \oint \vec{A} \cdot d\vec{l}$$

Si se cumpliera que $\vec{A} = \text{grad } U$ en todos los puntos de una región \mathcal{R} , entonces:

$$\text{a) } \int_{P_1}^{P_2} \vec{A} \cdot d\vec{l} \text{ sería independiente de la trayectoria que une } P_1 \text{ y } P_2 \text{ en } \mathcal{R}.$$



b) $\oint \vec{A} \cdot d\vec{l}$ sería igual a cero a lo largo de cualquier curva cerrada en \mathcal{R} .

En estas condiciones, el campo vectorial \vec{A} es “conservativo” y U es una función muy especial llamada “potencial escalar”. De manera más general, un campo \vec{A} es conservativo si $\text{rot } \vec{A} = 0$ o también si $\vec{A} = \text{grad } U$ en cuyo caso:

$$dU = \vec{A} \cdot d\vec{l}$$

es una diferencial exacta. En particular, a nivel bidimensional y en coordenadas cartesianas, si el campo $\vec{A} = M(x, y)\vec{i} + N(x, y)\vec{j}$ es conservativo, entonces:

$$\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}$$

EJERCICIO MODELO

Para el campo vectorial $\vec{B} = (3x^2 - 6y)\vec{i} - 14yz\vec{j} + 20xz^2\vec{k}$, halle $\int \vec{B} \cdot d\vec{l}$ desde $(0; 0; 0)$ hasta $(2; 4; 8)$ sobre la curva paramétrica $x = t$, $y = t^2$; $z = t^3$.

$$\vec{B} \cdot d\vec{l} = [(3x^2 - 6y)\vec{i} - 14yz\vec{j} + 20xz^2\vec{k}] \cdot (dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k}) = (3x^2 - 6y)dx - 14yzdy + 20xz^2dz$$

Si $P_1(0; 0; 0)$ y $x = t$, $y = t^2$, $z = t^3$, entonces $t_1 = 0$,

Si $P_2(2; 4; 8)$ y $x = t$, $y = t^2$, $z = t^3$, entonces $t_2 = 2$;

por lo tanto:

$$dx = dt, dy = 2t dt, dz = 3t^2 dt$$

con lo que:

$$\begin{aligned}\int_{P_1}^{P_2} \vec{B} \cdot d\vec{l} &= \int_{P_1}^{P_2} (3x^2 - 6y)dx - 14yz dy + 20xz^2 dz = \\ &= \int_0^2 (3t^2 - 6t^2)dt - 14t^2 \cdot t^3 \cdot 2t dt + 20t \cdot t^6 \cdot 3t^2 dt = \\ &= \int_0^2 (-3t^2 - 28t^6 + 60t^9)dt = -t^3 - 4t^7 + 6t^{10} \Big|_0^2 = -2^3 - 4 \cdot 2^7 + 6 \cdot 2^{10} - 0\end{aligned}$$

$$\int_{P_1}^{P_2} \vec{B} \cdot d\vec{l} = 5\,624$$

ACTIVIDADES PROPUESTAS:

1) Halle el trabajo que realiza la fuerza $\vec{F} = 4x^2y\vec{i} - 2xy^2\vec{j}$ al desplazar una partícula a lo largo de la curva $y = 2x^2$ desde $P_1(1; 2)$ hasta $P_2(3; 18)$.

2) Halle el trabajo que realiza la fuerza $\vec{F} = 4xyz\vec{i} - 6xz^2\vec{j} + 10xy^2\vec{k}$ al desplazar una partícula a lo largo de la curva $x = 2t - 1$, $y = t^2 + 1$, $z = 2t^3 - 4$ desde $P_1(-1; 1; -4)$ hasta $P_2(3; 5; 12)$.

3) Halle el trabajo que realiza la fuerza $\vec{F} = \frac{2}{R}\vec{u}_R + 5z^4\vec{k}$ al desplazar una partícula desde $P_1(4; \pi; 0)$ hasta $P_2(2; \pi/2; 2)$. Considere que el campo es conservativo.

4) Halle el trabajo realizado por el campo conservativo $\vec{F} = 20e^{-r/4}\vec{u}_r + \frac{40}{r \sin \theta}\vec{u}_\phi$ al desplazar una partícula desde $P_1(0; 0; 0)$ hasta $P_2(2; \pi/4; \pi/2)$.

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

INTEGRAL DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y ELEMENTOS

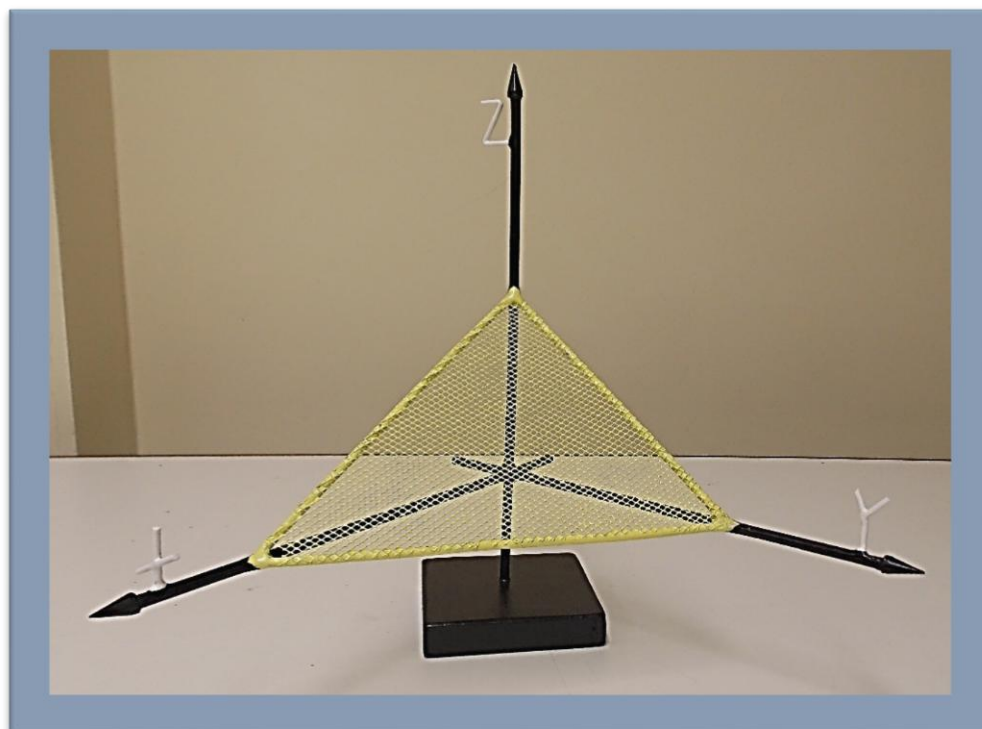
TEMAS QUE CUBRE

INTEGRALES DE SUPERFICIE Y DE VOLUMEN

*Gráfica 3.4.1. Diferencial de Superficie.*

Tabla 3.3.1.
Descripción Integral de Superficie

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Eje X	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Abscisa
Eje Y	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Ordenada
Eje Z	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Coordenada Espacial
Malla	Acero Galvanizado	Blanco	Uno	Superficie
\vec{u}_n	Alambre Galvanizado	Verde Turquesa	Uno	Versor Normal
$d\vec{S}$	Alambre Galvanizado	Rosado	Uno	Diferencial de Superficie
Base	Madera	Negro	Uno	Soporte



Gráfica 3.4.2. Integral de Volumen.



Tabla 3.3.2.
Descripción Integral de Volumen.

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Eje X	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Abscisa
Eje Y	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Ordenada
Eje Z	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Coordenada Espacial
Malla	Acero Galvanizado	Amarillo	Uno	Intersección de los campos vectoriales
Base	Madera	Negro	Uno	Soporte

**GUÍA PARA EL MAESTRO****INTEGRALES DE SUPERFICIE Y DE VOLUMEN**

Objetivo: Conocer algunos conceptos y algoritmos relacionados con estas dos nuevas operaciones vectoriales.

Procedimiento:

- a. Para el presente material didáctico, exponga: Los elementos de los cuales están constituidos.
- b. Usando el material didáctico correspondiente a la integral de superficie indique las dos caras que existe en una región de superficie.
- c. A continuación por medio del material didáctico y considerando que en la región del espacio puede existir un campo escalar o vectorial, defina la integral de superficie en coordenadas cartesianas.
- e. De manera similar con el uso de la maqueta correspondiente a la integral de volumen, demuestre que la superficie encierra una pequeña cantidad de volumen.
- f. Haga notar que si dentro de dicha región existe un campo escalar o vectorial, se puede definir las integrales de volumen en coordenadas cartesianas.

HOJA DE TRABAJO

MARCO TEÓRICO: INTEGRALES DE SUPERFICIE Y DE VOLUMEN

Sea S una de las dos caras de una superficie, como la de la figura 1.1.12.1. La expresión vectorial de la diferencial de superficie indicada es $d\vec{S} = dS \vec{u}_n$, donde \vec{u}_n es el “versor normal” a dS . Ahora bien, en la región del espacio considerada puede existir un campo, escalar o vectorial, de modo que se pueden definir las tres siguientes integrales de superficie en coordenadas cartesianas:

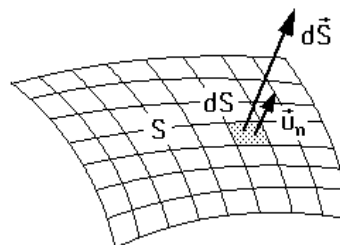


Figura 1

a) Flujo de un campo escalar $U \rightarrow$ Campo vectorial:

$$\vec{P} = \int U d\vec{S} = \vec{i} \int_{YZ} U dy dz + \vec{j} \int_{XZ} U dx dz + \vec{k} \int_{XY} U dx dy$$

Que no puede resolverse en coordenadas cilíndricas y esféricas.

b) Flujo escalar de un campo vectorial $\vec{A} \rightarrow$ Campo escalar:

$$Q = \int \vec{A} \cdot d\vec{S} = \int_{YZ} A_x dy dz + \int_{XZ} A_y dx dz + \int_{XY} A_z dx dy$$

que puede también expresarse y resolverse en coordenadas cilíndricas y esféricas.

c) Flujo vectorial de un campo vectorial $\vec{A} \rightarrow$ Campo vectorial:

$$Q = \int \vec{A} \cdot d\vec{S} = \int_{YZ} A_x dy dz + \int_{XZ} A_y dx dz + \int_{XY} A_z dx dy$$

que no puede

resolverse en coordenadas cilíndricas y esféricas.

NOTA 1: En las tres ecuaciones anteriores, cada integral doble se extiende sobre la región de proyección de S sobre cada uno de los planos coordenados cartesianos.

NOTA 2: Las integrales sobre superficies cerradas se expresan mediante:

$$\oint U d\vec{S} ; \oint \vec{A} \cdot d\vec{S} \text{ \& \; } \oint \vec{A} \times d\vec{S}, \text{ respectivamente.}$$

Para el caso particular de la integral $Q = \int \vec{A} \cdot d\vec{S}$, su cálculo puede realizarse también mediante la expresión:

$$Q = \int \vec{A} \cdot d\vec{S} = \int_R \frac{\vec{A} \cdot \vec{u}_n}{|\vec{u}_n \cdot \vec{u}_R|} dx dy$$

donde \vec{u}_n es el vector

unitario normal a la superficie S, \mathfrak{R} es la región de proyección de S sobre el plano XY (u otro) y \vec{u}_R es el vector unitario normal a dicha región \mathfrak{R} .

Supongamos ahora una superficie cerrada que encierre un volumen v del espacio. Dentro de dicha región puede existir un campo, escalar o vectorial, de modo que se pueden definir las dos siguientes integrales de volumen:

a)
$$\int U dv = \int U dx dy dz$$

que puede también expresarse y calcularse en coordenadas cilíndricas y esféricas.

b)
$$\int \vec{A} dv = \vec{i} \int A_x dx dy dz + \vec{j} \int A_y dx dy dz + \vec{k} \int A_z dx dy dz$$

que no puede resolverse en coordenadas cilíndricas y esféricas.

EJERCICIOS MODELO

1) Para la función escalar $U = xyz$, halle $\vec{P} = \int U d\vec{S}$ sobre la parte del plano $x + y + z = 1$ contenida en el primer octante.

$$\vec{P} = \vec{i} \iint_{YZ} (1 - y - z) yz \, dy \, dz + \vec{j} \iint_{XZ} (1 - x - z) xz \, dx \, dz + \vec{k} \iint_{XY} (1 - x - y) xy \, dx \, dy$$

$$\iint_{YZ} (1 - y - z) yz \, dy \, dz = \int_0^1 z \, dz \int_0^{1-z} (1 - y - z) y \, dy = \frac{1}{120}$$

$$\iint_{XZ} (1 - x - z) xz \, dx \, dz = \int_0^1 z \, dz \int_0^{1-z} (1 - x - z) x \, dx = \frac{1}{120}$$

$$\iint_{XY} (1 - x - y) xy \, dx \, dy = \int_0^1 y \, dy \int_0^{1-y} (1 - x - y) x \, dx = \frac{1}{120}$$

Luego:

$$\vec{P} = \frac{1}{120} \vec{i} + \frac{1}{120} \vec{j} + \frac{1}{120} \vec{k}$$

2) Para la función vectorial $\vec{A} = 18z\vec{i} - 12\vec{j} + 3y\vec{k}$, halle $Q = \int \vec{A} \cdot d\vec{S}$ sobre la parte del plano $2x + 3y + 6z = 12$ situada en el primer octante.

$$Q = \iint_{YZ} 18z \, dy \, dz - \iint_{XZ} 12 \, dx \, dz + \iint_{XY} 3y \, dx \, dy = 18 \int_0^2 z \, dz \int_0^{-2z+4} dy - 12 \int_0^2 dz \int_0^{-3z+6} dx + 3 \int_0^4 y \, dy \int_0^{-3y/2+6} dx$$

cuyo resultado es:

$$Q = 24$$

**ACTIVIDADES PROPUESTAS:**

- 1) Halle $Q = \int \vec{r} \cdot d\vec{S}$, donde $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ y S es la porción del plano $x + y + z = 1$ comprendida en el primer octante.
- 2) Halle $\vec{R} = \int \vec{r} \times d\vec{S}$ para las mismas condiciones del ejercicio anterior.
- 3) Halle $\vec{P} = \int \frac{3}{8}xyz d\vec{S}$ sobre la superficie del cilindro $x^2 + y^2 = 16$ situado en el primer octante y $\{0 \leq z \leq 5\}$.
- 4) Halle $\int (4xz\vec{i} - y^2\vec{j} + yz\vec{k}) \cdot d\vec{S}$ sobre la superficie del cubo cuyos vértices opuestos son $(0; 0; 0)$ y $(1; 1; 1)$.
- 5) Halle $\int 45x^2 y dv$ sobre el volumen limitado por los planos $4x + 2y + z = 8$; $x = 0$; $y = 0$; $z = 0$.
- 6) Halle $\int (2xz\vec{i} - x\vec{j} + y^2\vec{k}) dv$ sobre el volumen limitado por las superficies $x = 0$; $y = 0$; $y = 6$; $z = x^2$; $z = 4$.

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

COORDENADAS CURVILÍNEAS

TEMAS QUE CUBRE

TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS

*Gráfica 3.5. Coordenadas Curvilíneas*



Tabla 3.4.
Descripción Coordenadas Curvilíneas.

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Eje X	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Abscisa
Eje Y	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Ordenada
Eje Z	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Coordenada Espacial
Curvas ($u_1; u_2; u_3$)	Alambre Galvanizado	Amarillo Azul Rosado Oscuro	Uno Uno Uno	Coordenadas Curvilíneas
Saetas Pequeñas	Alambre Galvanizado	Amarillo claro Celeste Rosado	Uno Uno Uno	Vectores
Esfera	Plástico	Blanco	Uno	Punto P
Líneas entrecortadas	Alambre Galvanizado	B/N	Uno	Líneas Auxiliares
Saeta Grande	Alambre Galvanizado	Verde Turquesa	Uno	Vector Posición
Base	Madera	Negro	Uno	Soporte

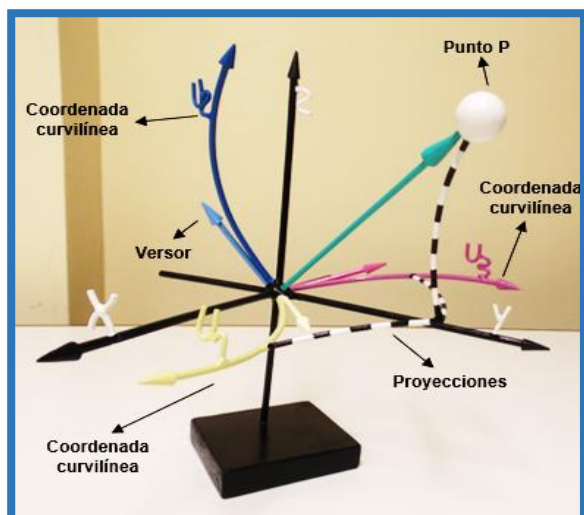
GUÍA PARA EL MAESTRO**TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS**

Objetivo: Conocer los conceptos, símbolos y métodos de transformación de coordenadas.

Procedimiento:

a. Presente el material didáctico, describa brevemente los elementos que este contiene y cuál es el papel que desempeñan los mismos.

b. A continuación mediante una lluvia de ideas indague a sus estudiantes sobre los diversos sistemas de referencia que conoce.



Gráfica 3.6.

c. Comente para la clase que en ciertos casos resulta útil cambiar el sistema de referencia para reducir la complejidad de las operaciones matemáticas.

e. Con el material didáctico, muestre que la partícula está ubicada en el sistema cartesiano (x, y, z) y al mismo tiempo forma parte de otro sistema de referencia curvilíneo $(u_1; u_2; u_3)$.

f. Defina las correspondientes ecuaciones de transformación a este sistema curvilíneo.

HOJA DE TRABAJO**MARCO TEÓRICO: TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS**

En el sistema cartesiano, un punto P puede ubicarse mediante la terna ordenada $(x; y; z)$ o mediante el vector posición $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$, donde x, y & z son las coordenadas cartesianas. Pero también se puede ubicar dicho punto P mediante la terna ordenada $(u_1; u_2; u_3)$ o mediante un vector posición que es equivalente al anterior y que puede expresarse en la forma:

$$\vec{r} = f(u_1; u_2; u_3)\vec{i} + g(u_1; u_2; u_3)\vec{j} + h(u_1; u_2; u_3)\vec{k} \quad (a)$$

donde u_1 , u_2 & u_3 son las “coordenadas curvilíneas”.

Las expresiones $f(u_1; u_2; u_3)$, $g(u_1; u_2; u_3)$ & $h(u_1; u_2; u_3)$ son las “ecuaciones de transformación”, las cuales son continuas y derivables (de buen comportamiento) y establecen relaciones de correspondencia entre las coordenadas $(x; y; z)$ y $(u_1; u_2; u_3)$.

Si hacemos que u_1 varíe mientras mantenemos constantes u_2 & u_3 , el vector \vec{r} describirá la “curva de coordenada u_1 ”. Si hacemos que u_2 varíe mientras mantenemos constantes u_1 & u_3 , el vector \vec{r} describirá la “curva de coordenada u_2 ”. Si hacemos que u_3 varíe mientras mantenemos constantes u_1 & u_2 , el vector \vec{r} describirá la “curva de coordenada u_3 ”.

La diferencial total de la ecuación (a) o diferencial de línea es:

$$d\vec{r} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial u_1} du_1 + \frac{\partial \vec{r}}{\partial u_2} du_2 + \frac{\partial \vec{r}}{\partial u_3} du_3 \quad (b)$$

En esta ecuación, los vectores $\frac{\partial \vec{r}}{\partial u_1}$, $\frac{\partial \vec{r}}{\partial u_2}$ & $\frac{\partial \vec{r}}{\partial u_3}$ son rectas tangentes en el punto P a las curvas de coordenadas u_1 , u_2 & u_3 , respectivamente.

Supongamos que existen en el punto P los vectores unitarios \vec{e}_1 , \vec{e}_2 & \vec{e}_3 que tienen la dirección y sentido de los vectores $\frac{\partial \vec{r}}{\partial u_1}$, $\frac{\partial \vec{r}}{\partial u_2}$ & $\frac{\partial \vec{r}}{\partial u_3}$; entonces éstos pueden reescribirse en la forma:

$$\frac{\partial \vec{r}}{\partial u_1} = h_1 \vec{e}_1 \quad ; \quad \frac{\partial \vec{r}}{\partial u_2} = h_2 \vec{e}_2 \quad ; \quad \frac{\partial \vec{r}}{\partial u_3} = h_3 \vec{e}_3$$

donde es evidente que:

$$h_1 = \left| \frac{\partial \vec{r}}{\partial u_1} \right| \quad ; \quad h_2 = \left| \frac{\partial \vec{r}}{\partial u_2} \right| \quad ; \quad h_3 = \left| \frac{\partial \vec{r}}{\partial u_3} \right|$$

Con esto, la ecuación (b) puede escribirse en la forma:

$$\boxed{d\vec{r} = h_1 du_1 \vec{e}_1 + h_2 du_2 \vec{e}_2 + h_3 du_3 \vec{e}_3} \quad (c)$$

Las cantidades h_1 , h_2 & h_3 se denominan “factores de escala”.

EJERCICIO MODELO

1) El vector posición en coordenadas esféricas es $\vec{r} = r \text{ Sen } \theta \text{ Cos } \phi \vec{i} + r \text{ Sen } \theta \text{ Sen } \phi \vec{j} + r \text{ Cos } \theta \vec{k}$. Determine los factores de escala.

$$u_1 = r \quad , \quad u_2 = \theta \quad , \quad u_3 = \phi \quad ; \quad h_1 = h_r \quad ; \quad h_2 = h_\theta \quad ; \quad h_3 = h_\phi$$

$$h_r = \left| \frac{\partial \vec{r}}{\partial r} \right| = \left| \text{Sen } \theta \text{ Cos } \phi \vec{i} + \text{Sen } \theta \text{ Sen } \phi \vec{j} + \text{Cos } \theta \vec{k} \right|$$

$$h_r = \sqrt{\text{Sen}^2 \theta \text{Cos}^2 \phi + \text{Sen}^2 \theta \text{Sen}^2 \phi + \text{Cos}^2 \theta} = \sqrt{\text{Sen}^2 \theta (\text{Cos}^2 \phi + \text{Sen}^2 \phi) + \text{Cos}^2 \theta}$$

$$h_r = \sqrt{\text{Sen}^2 \theta + \text{Cos}^2 \theta} = 1$$

$$h_\theta = \left| \frac{\partial \vec{r}}{\partial \theta} \right| = \left| r \text{ Cos } \theta \text{ Cos } \phi \vec{i} + r \text{ Cos } \theta \text{ Sen } \phi \vec{j} - r \text{ Sen } \theta \vec{k} \right|$$

$$h_\theta = \sqrt{r^2 \text{Cos}^2 \theta \text{Cos}^2 \phi + r^2 \text{Cos}^2 \theta \text{Sen}^2 \phi + r^2 \text{Sen}^2 \theta} = \sqrt{r^2 \text{Cos}^2 \theta (\text{Cos}^2 \phi + \text{Sen}^2 \phi) + r^2 \text{Sen}^2 \theta}$$

$$h_\theta = r \sqrt{\text{Cos}^2 \theta + \text{Sen}^2 \theta} = r$$



$$h_{\phi} = \left| \frac{\partial \vec{r}}{\partial \phi} \right| = \left| -r \operatorname{Sen} \theta \operatorname{Sen} \phi \vec{i} + r \operatorname{Sen} \theta \operatorname{Cos} \phi \vec{j} \right| = \sqrt{r^2 \operatorname{Sen}^2 \theta \operatorname{Sen}^2 \phi + r^2 \operatorname{Sen}^2 \theta \operatorname{Cos}^2 \phi}$$

$$h_{\phi} = r \sqrt{\operatorname{Sen}^2 \theta (\operatorname{Sen}^2 \phi + \operatorname{Cos}^2 \phi)} = r \sqrt{\operatorname{Sen}^2 \theta} = r \operatorname{Sen} \theta$$

ACTIVIDADES PROPUESTAS:

- 1) Para el vector posición en coordenadas esféricas determine sus versores.
- 2) Para el vector posición en coordenadas cilíndricas determine sus factores de escala y los versores.

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO
COORDENADAS CILÍNDRICAS - PARABÓLICAS

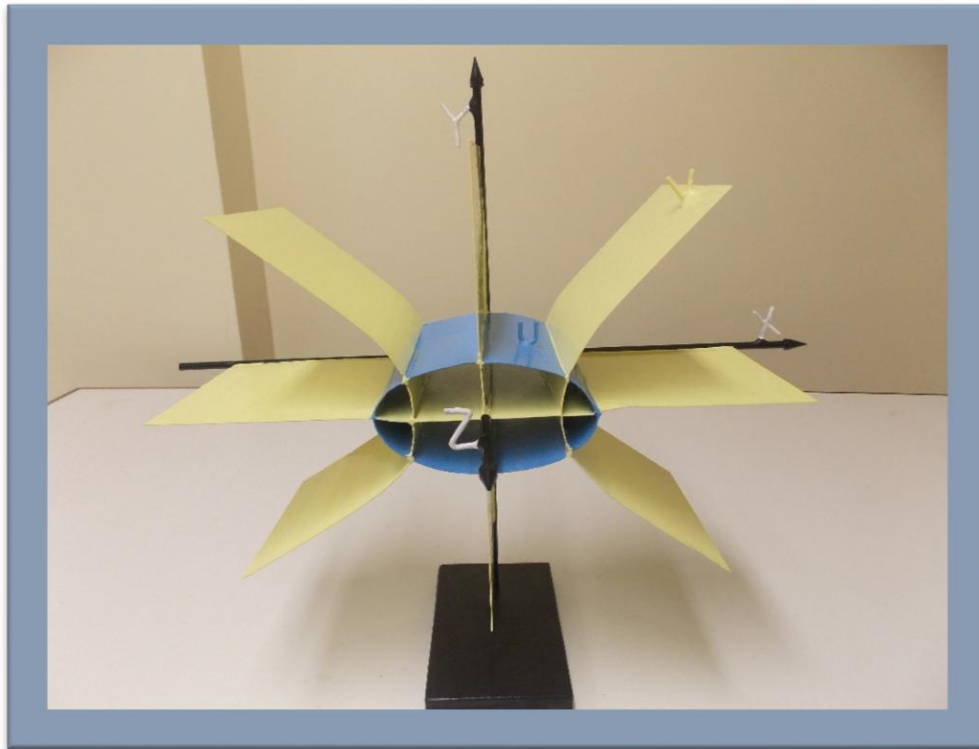
TEMAS QUE CUBRE
VARIOS



Gráfica 3.7.1 Coordenadas Cilíndricas-Parabólicas

Tabla 3.5.1.
Descripción Coordenadas Cilíndricas-Parabólicas.

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Eje X	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Abscisa
Eje Y	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Ordenada
Eje Z	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Coordenada Espacial
Plano u	Latón	Celeste	Uno	Coordenada paraboidal u
Plano v	Latón	Amarillo	Uno	Coordenada paraboidal v
Plano z	Latón	Celeste/Amarillo	Uno	Coordenada z



Gráfica 3.7.2. Coordenadas Cilíndricas-Elípticas.

Tabla 3.5.2.
Descripción Coordenadas Cilíndricas-Elípticas

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Eje X	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Abscisa
Eje Y	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Ordenada
Eje Z	Alambre Galvanizado	Negro	Uno	Coordenada Espacial
Plano u	Latón	Celeste	Uno	Coordenada u
Plano v	Latón	Amarillo	Uno	Coordenada v
Plano z	Latón	Amarillo	Uno	Coordenada z



GUÍA PARA EL MAESTRO

OTROS SISTEMAS DE COORDENADAS CURVILÍNEAS

Objetivo: Conocer las expresiones matemáticas correspondientes a otros sistemas de coordenadas curvilíneas.

Procedimiento:

- a. Presente el material didáctico, describa brevemente los elementos que este contiene.
- b. A continuación dialogue con los estudiantes sobre la necesidad de contar con otros sistemas de coordenadas curvilíneas para el estudio de muchas aplicaciones como por ejemplo la teoría potencial de las aristas.
- c. Con el uso de los materiales didácticos explique la graficación de las diferentes coordenadas curvilíneas cilíndricas - parabólicas y su relación con el sistema cartesiano.
- d. Defina las ecuaciones de transformación del sistema coordinado parabólico al sistema cartesiano y viceversa.
- e. De manera similar, apoyándose en el material didáctico correspondiente a coordenadas cilíndricas – elípticas, defina las ecuaciones de transformación del sistema cilíndrico – elíptico al cartesiano y viceversa.

HOJA DE TRABAJO**MARCO TEÓRICO: OTROS SISTEMAS DE COORDENADAS
CURVILÍNEAS****1) COORDENADAS CILÍNDRICAS – PARABÓLICAS, (u, v, z)**

a) Ecuaciones de transformación y vector \vec{r} :

$$x = \frac{1}{2}(u^2 - v^2) \quad ; \quad y = uv \quad ; \quad z = z$$

$$\vec{r} = \frac{1}{2}(u^2 - v^2)\vec{i} + uv\vec{j} + z\vec{k}$$

b) Factores de escala:

$$h_1 = h_u = \sqrt{u^2 + v^2} \quad ; \quad h_2 = h_v = \sqrt{u^2 + v^2} \quad ; \quad h_3 = h_z = 1$$

c) Diferencial de línea y longitud de arco:

$$d\vec{r} = \sqrt{(u^2 + v^2)}du\vec{e}_u + \sqrt{(u^2 + v^2)}dv\vec{e}_v + dz\vec{e}_z \quad ; \quad ds = \sqrt{(u^2 + v^2)du^2 + (u^2 + v^2)dv^2 + dz^2}$$

d) Diferencial de volumen:

$$dV = (u^2 + v^2)dudv dz$$

e) Jacobiano:

$$\frac{\partial(x; y; z)}{\partial(u; v; z)} = u^2 + v^2$$

f) Gradiente:

$$\text{grad } \Phi = \frac{1}{\sqrt{u^2 + v^2}} \frac{\partial \Phi}{\partial u} \vec{e}_u + \frac{1}{\sqrt{u^2 + v^2}} \frac{\partial \Phi}{\partial v} \vec{e}_v + \frac{\partial \Phi}{\partial z} \vec{e}_z$$

g) Divergencia:

$$\text{div } \vec{A} = \frac{1}{u^2 + v^2} \left\{ \frac{\partial}{\partial u} \left(\sqrt{u^2 + v^2} A_u \right) + \frac{\partial}{\partial v} \left(\sqrt{u^2 + v^2} A_v \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left[(u^2 + v^2) A_z \right] \right\}$$

h) Rotacional:

$$\text{rot } \vec{A} = \frac{1}{u^2 + v^2} \left\{ \left[\frac{\partial A_z}{\partial v} - \frac{\partial (\sqrt{u^2 + v^2} A_u)}{\partial z} \right] \sqrt{u^2 + v^2} \vec{e}_u + \left[\frac{\partial (\sqrt{u^2 + v^2} A_u)}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial u} \right] \sqrt{u^2 + v^2} \vec{e}_v + \left[\frac{\partial (\sqrt{u^2 + v^2} A_v)}{\partial u} - \frac{\partial (\sqrt{u^2 + v^2} A_u)}{\partial v} \right] \vec{e}_z \right\}$$

i) Laplaciano:

$$\text{lap } \Phi = \frac{1}{u^2 + v^2} \left[\frac{\partial^2 \Phi}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial v^2} + (u^2 + v^2) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right]$$

2) COORDENADAS CILÍNDRICAS – ELÍPTICAS, (u, v, z)

a) Ecuaciones de transformación y vector \vec{r} :

$$x = a \cosh u \cos v \quad ; \quad y = a \sinh u \sin v \quad ; \quad z = z$$

$$\vec{r} = a \cosh u \cos v \vec{i} + a \sinh u \sin v \vec{j} + z \vec{k}$$

b) Factores de escala:

$$h_1 = h_u = a \sqrt{\sinh^2 u + \sin^2 v} \quad ; \quad h_2 = h_v = a \sqrt{\sinh^2 u + \sin^2 v} \quad ; \quad h_3 = h_z = 1$$

c) Diferencial de línea y longitud de arco:

$$d\vec{r} = a \sqrt{(\sinh^2 u + \sin^2 v)} du \vec{e}_u + a \sqrt{(\sinh^2 u + \sin^2 v)} dv \vec{e}_v + dz \vec{e}_z$$

$$ds = \sqrt{a^2 (\sinh^2 u + \sin^2 v) du^2 + a^2 (\sinh^2 u + \sin^2 v) dv^2 + dz^2}$$

d) Diferencial de volumen:

$$dV = a^2 (\sinh^2 u + \sin^2 v) du dv dz$$

e) Jacobiano:

$$\frac{\partial(x; y; z)}{\partial(u; v; z)} = a^2 (\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v)$$

f) Gradiente:

$$\text{grad } \Phi = \frac{1}{a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v}} \frac{\partial \Phi}{\partial u} \vec{e}_u + \frac{1}{a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v}} \frac{\partial \Phi}{\partial v} \vec{e}_v + \frac{\partial \Phi}{\partial z} \vec{e}_z$$

g) Divergencia:

$$\text{div } \vec{A} = \frac{1}{a^2 (\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v)} \left\{ \frac{\partial}{\partial u} \left(a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v} A_u \right) + \frac{\partial}{\partial v} \left(a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v} A_v \right) + a^2 (\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v) \frac{\partial A_z}{\partial z} \right\}$$

h) Rotacional:

$$\text{rot } \vec{A} = \frac{1}{a^2 (\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v)} \left\{ \left[\frac{\partial A_z}{\partial v} - \frac{\partial (a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v} A_v)}{\partial z} \right] a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v} \vec{e}_u + \left[\frac{\partial (a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v} A_u)}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial u} \right] a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v} \vec{e}_v + \left[\frac{\partial (a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v} A_v)}{\partial u} - \frac{\partial (a \sqrt{\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v} A_u)}{\partial v} \right] \vec{e}_z \right\}$$

i) Laplaciano:

$$\text{lap } \Phi = \frac{1}{a^2 (\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v)} \left[\frac{\partial^2 \Phi}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial v^2} + (\text{Senh}^2 u + \text{Sen}^2 v) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right]$$



ACTIVIDADES PROPUESTAS:

- 1) Desarrolle el jacobiano en coordenadas cilíndricas-parabólicas
- 2) Desarrolle la divergencia en coordenadas cilíndricas-elípticas.

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

VECTOR INCREMENTO DE POSICIÓN

TEMAS QUE CUBRE

RELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD DE CAMPO Y SU POTENCIAL



Gráfica 3.8. Vector incremento de posición

Tabla 3.6
Descripción vector incremento de posición

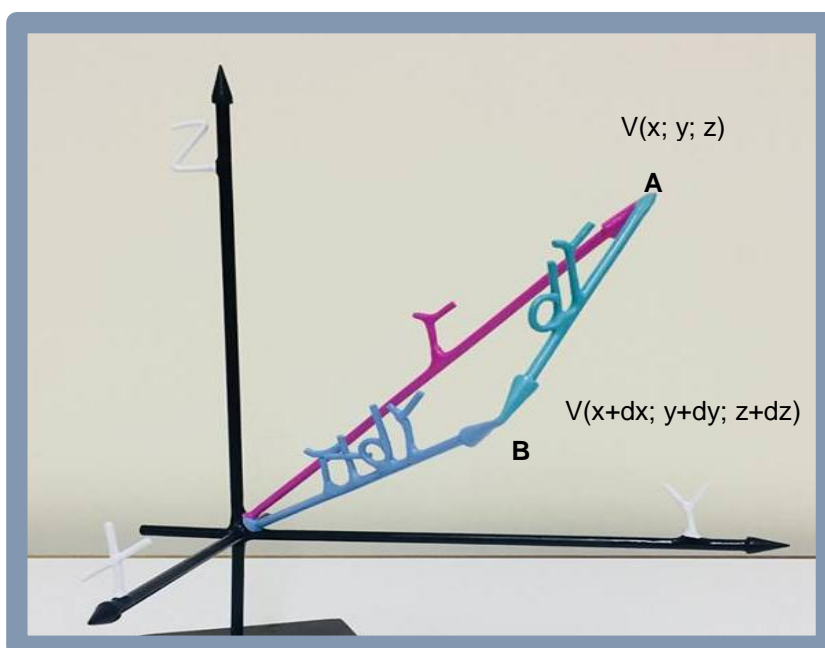
DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Ejes	Alambre galvanizado	Negro	Tres	Sistema de referencia
vector r	Alambre galvanizado	Rosado	Uno	Vector Posición
Vector dr	Alambre galvanizado	Celeste	Uno	Vector Variación de posición
Vector $r + dr$	Alambre galvanizado	Azul	Uno	Vector Resultante

GUÍA PARA EL MAESTRO**RELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD DE CAMPO Y SU POTENCIAL**

Objetivo: Descubrir la relación entre estos dos conceptos y su expresión matemática en los diferentes sistemas coordenados.

Procedimiento:

- Presente el material didáctico a los estudiantes, indique ciertos aspectos relevantes del mismo; tales como representatividad, colores y funciones.
- Con ayuda de la maqueta indique a sus estudiantes que consideren que la región del espacio está dentro del campo escalar V , por lo tanto los dos puntos tendrán diferente potencial eléctrico tal como se indica en la figura (A y B)
- Defina la variación de V entre el punto A y B.
- Realice las operaciones matemáticas para determinar $E = -\text{grad } V$



Gráfica 3.9. Vector incremento de posición

HOJA DE TRABAJO

MARCO TEÓRICO: RELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD DE CAMPO Y SU POTENCIAL

Si se tiene una carga puntual, $+Q$, como la de la figura (1), a distintas distancias r_i de la misma, se tendrán diferentes superficies geométricas esféricas caracterizadas por tener un potencial eléctrico muy específico; cada una de dichas superficies tiene un potencial particular constante sobre toda la superficie de modo que son “superficies equipotenciales”. Para el caso concreto de la figura, la carga es de 10 nC y las distancias crecen de metro en metro. En la figura se han incluido también algunas líneas de la intensidad de campo eléctrico, esto es, del campo radial divergente originado por la carga; podemos ver la ortogonalidad que existe entre las líneas del campo eléctrico \vec{E} y las superficies equipotenciales, lo cual es cierto siempre, sin importar cuál sea el agente que genera el campo (carga puntual, sistema de cargas puntuales, distribuciones de carga). El hecho de la ortogonalidad entre las líneas de \vec{E} o de \vec{D} y las superficies equipotenciales no es una casualidad, sino la consecuencia de una íntima relación entre el campo escalar V y el campo vectorial \vec{E} . Para determinar dicha relación consideremos la figura (2), donde se tiene una región del espacio en la que se ha definido un campo escalar V , es decir un campo de potencial eléctrico.

El potencial en $A(x; y; z)$ es:

$$V(x; y; z)$$

y el potencial en $B(x+dx; y+dy; z+dz)$ es:

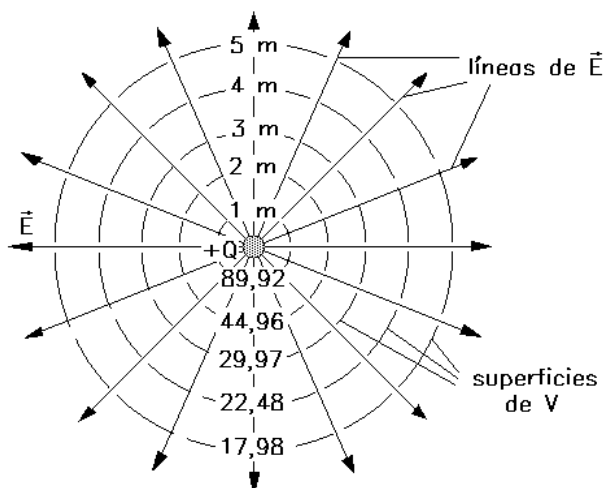


Figura 1

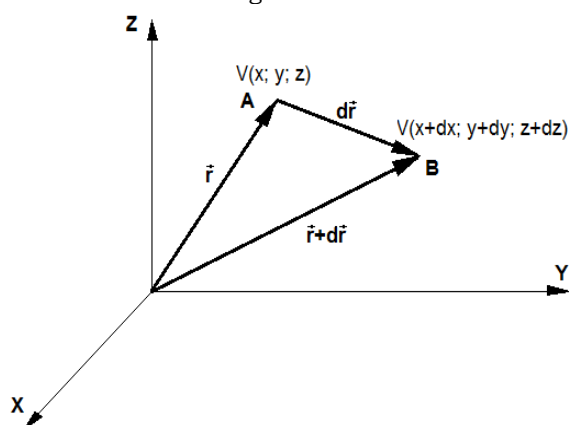


Figura 2



$$V(x+dx; y+dy; z+dz)$$

La variación de V entre A y B es:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial x} dx + \frac{\partial V}{\partial y} dy + \frac{\partial V}{\partial z} dz \quad (a)$$

Pero sabemos que si:

$$d\vec{r} = dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k}$$

y:

$$\text{grad } V = \frac{\partial V}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{k}$$

entonces:

$$\text{grad } V \cdot d\vec{r} = \frac{\partial V}{\partial x} dx + \frac{\partial V}{\partial y} dy + \frac{\partial V}{\partial z} dz$$

que es idéntico a (a), por lo tanto:

$$dV = \text{grad } V \cdot d\vec{r} \quad (b)$$

Luego tenemos:

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} = -\vec{E} \cdot d\vec{r}$$

que al sustituirse en (b) da:

$$-\vec{E} \cdot d\vec{r} = \text{grad } V \cdot d\vec{r}$$

de donde:

$$\boxed{\vec{E} = -\text{grad } V} \quad (c)$$

que es la relación buscada. En la aplicación práctica de la ecuación (c) se ha de elegir la expresión de la gradiente en el sistema coordenado adecuado al problema que se analiza.

EJERCICIO MODELO

El potencial eléctrico en una región del espacio está dado por la expresión $V = \frac{12R^2 \cos \phi}{z^2 - 1}$. Determine la ecuación para la intensidad de campo eléctrico en dicha región.

Vemos que V está expresado en coordenadas cilíndricas, así que utilizaremos la expresión de la gradiente en dichas coordenadas; se obtiene:

$$\begin{aligned}\vec{E} &= -\text{grad } V = -\left[\frac{\partial V}{\partial R} \vec{u}_R + \frac{1}{R} \frac{\partial V}{\partial \phi} \vec{u}_\phi + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{k} \right] \\ \vec{E} &= -\left[\frac{24R \cos \phi}{z^2 - 1} \vec{u}_R + \frac{1}{R} \frac{12R^2 (-\sin \phi)}{z^2 - 1} \vec{u}_\phi + \frac{-12R^2 \cos \phi \cdot 2z}{(z^2 - 1)^2} \vec{k} \right] \\ \vec{E} &= \left(\frac{-24R \cos \phi}{z^2 - 1} \vec{u}_R + \frac{12R \sin \phi}{z^2 - 1} \vec{u}_\phi + \frac{24R^2 z \cos \phi}{(z^2 - 1)^2} \vec{k} \right) \text{ V/m}\end{aligned}$$

ACTIVIDADES PROPUESTAS:

- 1- El potencial eléctrico en una región del vacío está dado por $V = 3e^{x^2} \ln 3y \sec z^2$. Determine: a) la expresión de \vec{E} , b) el vector $\vec{E}(1; 2; -2)$.
- 2- El potencial eléctrico en una región del vacío está dado por $V = \frac{10 \sin^2 \theta \cos \phi}{r^3}$. Determine: a) la expresión de \vec{E} , b) el vector $\vec{E}(5; \pi/4; \pi/3)$.
- 3- Se tienen las cargas $Q_1 = -140 \text{ nC}$ y $Q_2 = +140 \text{ nC}$ separadas por una distancia de 127 m . Bosqueje el “mapa de campo”, esto es, un conjunto de superficies equipotenciales en líneas de trazos y un conjunto de líneas de \vec{E} en trazo continuo.

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

DIPOLO ELÉCTRICO

TEMAS QUE CUBRE

DIPOLO ELÉCTRICO. MOMENTO DIPOLAR ELÉCTRICO



Gráfica 3.10. Dipolo eléctrico

Tabla 3.7
Descripción dipolo eléctrico

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Ejes	Alambre galvanizado	negro	tres	Sistema de referencias
vector r_1, r_2	Alambre galvanizado	Azul, Amarillo	Uno	Posición
Vector E_r	Alambre galvanizado	Celeste	Uno	Componente de E
Vector E	Alambre galvanizado	Blanco	Uno	Intensidad de campo
Vector E_θ	Alambre galvanizado	Rosado	Uno	Componente de E
Esferas	Acero	Rojo	Dos	Cargas puntuales

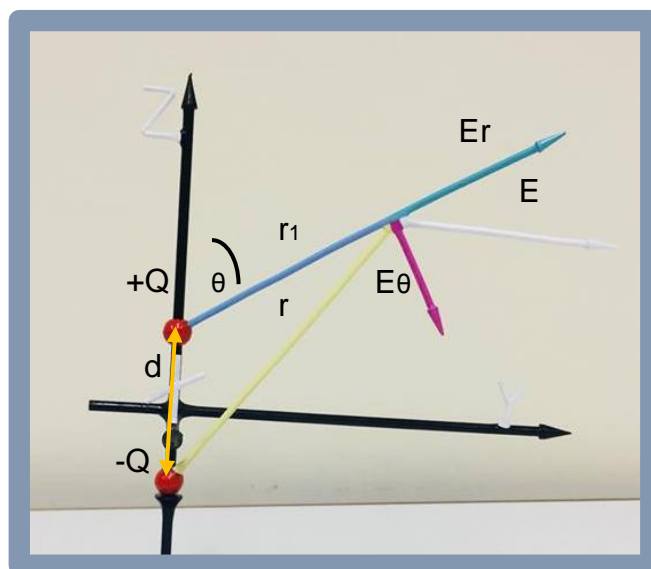
GUÍA PARA EL MAESTRO

DIPOLO ELÉCTRICO. MOMENTO DIPOLAR ELÉCTRICO

Objetivo: Conocer qué es un dipolo eléctrico y las ecuaciones relacionadas con él.

Procedimiento:

- a. Presente el material didáctico, dé una breve indicación acerca de su conceptualización, diga qué representan los ejes, y demás aspectos pertinentes. Tome como guía la siguiente imagen.



Gráfica 3.11. Dipolo eléctrico

- b. Adicional a ello se puede usar el material didáctico para determinar la intensidad de campo eléctrico en un punto P. Para esto tenga en cuenta la relación entre E y V, recuerde utilizar la gradiente en coordenadas esféricas para agilizar los cálculos.

HOJA DE TRABAJO

MARCO TEÓRICO: DIPOLO ELÉCTRICO. MOMENTO DIPOLAR ELÉCTRICO

Un sistema de dos cargas puntuales de igual valor y signos contrarios separadas por una pequeña distancia d constituye un dipolo eléctrico, figura (1). El producto Qd es la magnitud de un vector llamado “momento dipolar eléctrico”, que se define mediante:

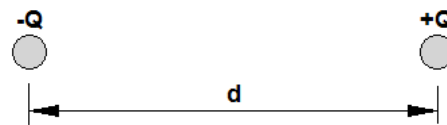


Figura 1

$$\vec{p} = Q\vec{d}$$

donde \vec{d} es el vector posición de $+Q$ con respecto a $-Q$, es decir, es el vector que parte de $-Q$ y llega a $+Q$. El vector \vec{p} se expresa en C.m.

Ahora desarrollaremos expresiones para el potencial eléctrico y la intensidad de campo eléctrico en un punto dentro del campo generado por el dipolo, figura (2). El potencial generado en el punto P por la carga $+Q$ es $V_1 = Q/(4\pi\epsilon_0 r_1)$ y el generado por $-Q$ es $V_2 = -Q/(4\pi\epsilon_0 r_2)$, por lo tanto, el potencial total es:

$$V = V_1 + V_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_2}$$

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

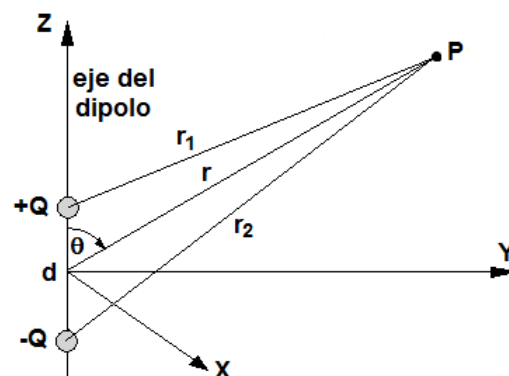


Figura 2

Si el punto P está bastante lejos del dipolo, de modo que $r \gg d$, entonces r_1 es prácticamente paralelo a r_2 y se tiene que:

$$r_1 = r - \frac{1}{2}d \cos \theta \quad \& \quad r_2 = r + \frac{1}{2}d \cos \theta$$

donde r y θ son dos de las tres coordenadas del sistema esférico, entonces:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r - \frac{1}{2}d \cos \theta} - \frac{1}{r + \frac{1}{2}d \cos \theta} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{r + \frac{1}{2}d \cos \theta - r + \frac{1}{2}d \cos \theta}{r^2 - \frac{1}{4}d^2 \cos^2 \theta} \right)$$

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{d \cos \theta}{r^2 - \frac{1}{4}d^2 \cos^2 \theta}$$

Pero debido a que d es pequeño, $d^2 \rightarrow 0$ y:

$$V = \frac{Qd \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Para determinar la intensidad de campo eléctrico en el punto P hacemos uso de la relación $\vec{E} = -\text{grad } V$, tomando la gradiente en coordenadas esféricas:

$$\vec{E} = -\frac{\partial V}{\partial r} \vec{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \vec{u}_\theta - \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi} \vec{u}_\phi$$

obteniéndose:

$$\vec{E} = \frac{Qd \cos \theta}{2\pi\epsilon_0 r^3} \vec{u}_r + \frac{Qd \sin \theta}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{u}_\theta$$

de modo que \vec{E} tiene componentes según r

y según θ , figura (3), tales que $E_r \neq E_\theta$.

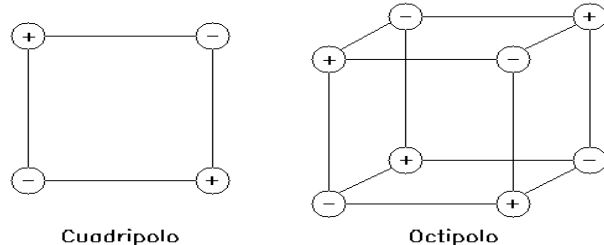
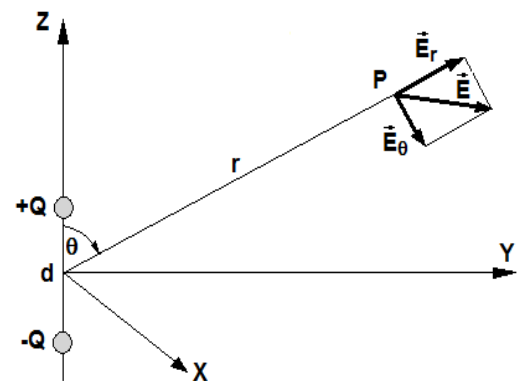


Figura 4

Mediante procedimientos

similares se pueden obtener las expresiones de V y \vec{E} para configuraciones más complejas como cuadripolos y octipolos, figura (4).

EJERCICIO MODELO

Un dipolo eléctrico de momento dipolar $10 \mu C.m$ está situado a $12 cm$ de una carga puntual de $5 nC$ en vacío. Halle la fuerza neta máxima en el dipolo.

$$\vec{F} = q \vec{E} = q \left(\frac{Qd \cos \theta}{2\pi \epsilon_0 r^3} \vec{u}_r + \frac{Qd \sin \theta}{4\pi \epsilon_0 r^3} \vec{u}_\theta \right)$$

cuya magnitud es:

$$F = \sqrt{q^2 \left(\frac{4Q^2 d^2 \cos^2 \theta}{16\pi^2 \epsilon_0^2 r^6} + \frac{Q^2 d^2 \sin^2 \theta}{16\pi^2 \epsilon_0^2 r^6} \right)} = \frac{qQd}{4\pi \epsilon_0 r^3} \sqrt{4 \cos^2 \theta + \sin^2 \theta}$$

Maximizando se tiene:

$$\frac{\partial F}{\partial \theta} = 0$$

$$\frac{qQd}{4\pi \epsilon_0 r^3} \frac{-8 \sin \theta \cos \theta + 2 \sin \theta \cos \theta}{2 \sqrt{4 \cos^2 \theta + \sin^2 \theta}} = 0$$

de donde:

$$-2 \sin 2\theta = 0$$

$$\sin 2\theta = 0$$

$$\theta = 0 \quad \text{o} \quad \theta = \pi$$

luego:

$$F_{\text{máx}} = \frac{qQd}{4\pi \epsilon_0 r^3} \sqrt{4 \cos^2 0 + \sin^2 0} = \frac{qQd}{4\pi \epsilon_0 r^3} \cdot 2$$

$$F_{\text{máx}} = \frac{qQd}{2\pi \epsilon_0 r^3} = \frac{5 \text{ E } -9.10 \text{ E } -6}{2\pi \cdot 8,85 \text{ E } -12 \cdot 0,12^3}$$

$$F_{\text{máx}} = 0,520 \text{ N}$$

ACTIVIDADES PROPUESTAS:

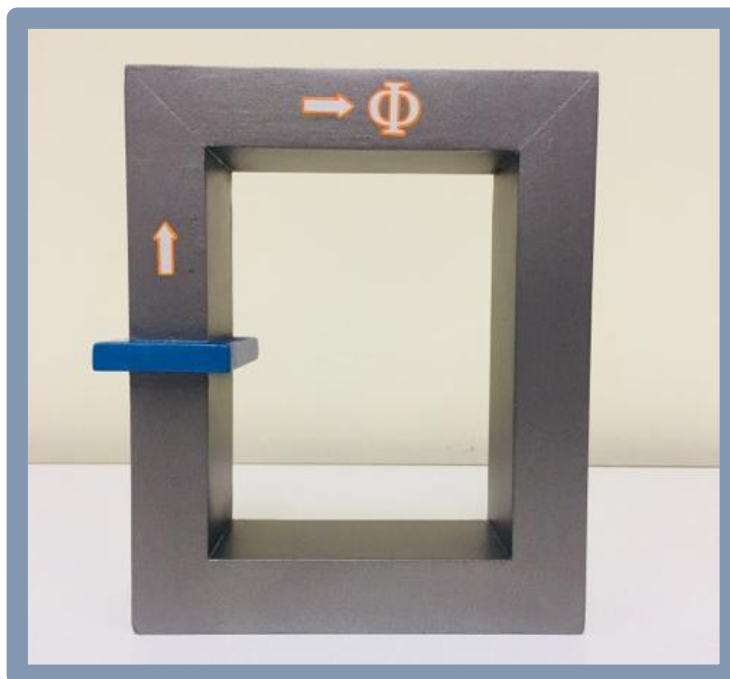


- 1- Se tiene, en vacío, el sistema $Q_1 = 2 \text{ nC}$ en $(0; 0; -0,1)$ y $Q_2 = -2 \text{ nC}$ en $(0; 0; 0,1)$. Determine: a) V en el punto $(0; 1; 2)$, b) \vec{E} en el punto $(0; 1; 2)$, c) V en $(0; 12; 15)$, d) \vec{E} en $(0; 12; 15)$.
- 2- Determine, a gran distancia de un cuadripolo, el potencial V y la intensidad de campo \vec{E} .
- 3- En un campo uniforme un dipolo no experimenta fuerza traslacional, sino un torque de par. Determine la expresión para dicho torque de par. Considere θ el ángulo entre el eje del dipolo y el campo uniforme.

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO
CIRCUITO SIMPLE CON NÚCLEO SIMPLE

TEMAS QUE CUBRE

POTENCIAL MAGNETOSTÁTICO Y MAGNETOMOTANCIA. CIRCUITOS MAGNÉTICOS



Gráfica 3.12. Circuitos simples con núcleo simple

Tabla 3.8

Descripción Circuitos simples con núcleo simple

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Segmento uno	Madera	Gris	Uno	Material magnético
Fem	Madera	Azul	Uno	Electromotancia

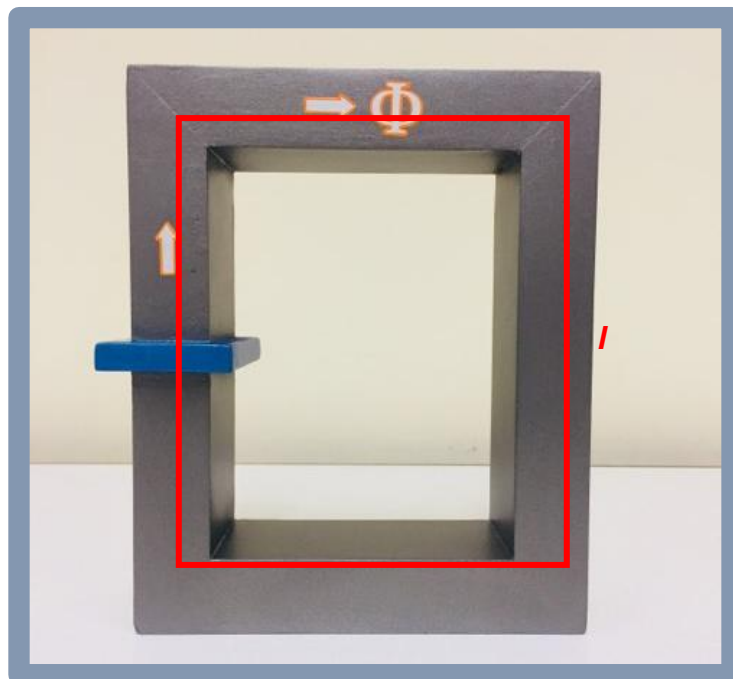
GUÍA PARA EL MAESTRO

POTENCIAL MAGNETOSTÁTICO Y MAGNETOMOTANCIA. CIRCUITOS MAGNÉTICOS

Objetivo: Conocer estos conceptos, aprenderlos y aplicarlos a las situaciones que los requieran.

Procedimiento:

- En la siguiente gráfica se indica cada una de las partes correspondientes al material didáctico, indíquelos.
- Este material didáctico se puede utilizar para indicar el comportamiento del flujo magnético en un medio distinto del vacío, como lo es un núcleo cerrado, rodeado por una bobina con corriente.
- Recuerde que cada segmento del núcleo tiene distintas reluctancias que dependen de H y l .



Gráfica 3.13. Circuitos simples con núcleo simple

Nota: el núcleo cerrado es de un solo material, por lo tanto, presenta una única reluctancia.

HOJA DE TRABAJO				
MARCO	TEÓRICO:	POTENCIAL	MAGNETOSTÁTICO	Y
MAGNETOMOTANCIA. CIRCUITOS MAGNÉTICOS				

Sabemos que en ausencia de fuentes de electromotancia, la integral cerrada de línea del campo \vec{E} es cero, es decir:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

Y dichos campos, denominados “laminares”, se pueden deducir a partir de una función escalar de potencial eléctrico V . Por ejemplo, para campos originados por cargas estáticas, \vec{E} es igual a la gradiente negativa de V , es decir:

$$\vec{E} = -\text{grad } V$$

Y entre dos puntos cualesquiera a lo largo de una trayectoria en el campo:

$$\int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = V_1 - V_2$$

Si la estructura del campo magnético fuera idéntica a la del campo eléctrico, se podrían determinar expresiones equivalentes a las tres anteriores; sin embargo el campo magnético difiere en muchos aspectos del campo eléctrico y no es posible hallar tales expresiones, o al menos no con la validez general que tienen dentro del campo eléctrico. Por ello, a pesar de que el campo magnético no es laminar, puede ser tratado como un campo laminar si las trayectorias de integración quedan enteramente fuera de regiones de corriente y no encierran ni son encerradas en ninguna de sus partes por corriente alguna. En estas condiciones, la ley de Ampère en el “campo magnético restringido” toma la forma:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = 0$$

y el campo \vec{H} puede ser obtenido a partir de una función escalar de “potencial magnetostático”, U , en la forma:

$$\vec{H} = -\text{grad } U$$

De modo que entre dos puntos cualesquiera de una trayectoria en el campo restringido se tienen:

$$\int_1^2 \vec{H} \cdot d\vec{l} = U_1 - U_2$$

Que expresa la diferencia de potencial magnetostático, donde U se expresa en amperios, A .

Retomando lo del campo eléctrico, sabemos que si existen fuentes de fem en la trayectoria de integración, entonces:

$$\oint \vec{E}_\varepsilon \cdot d\vec{l} = \varepsilon$$

Similarmente, en el campo magnético restringido, cuando hay corrientes que encierran en alguna parte la trayectoria de integración, figura (1), la ley de Ampère expresa que:

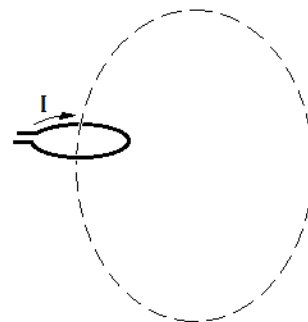


Figura 1

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I = F \quad (a)$$

Donde F es la “fuerza magnetomotriz” o “magnetomotancia” y es igual a la corriente I “encerradora”. Si la trayectoria de integración es encerrada N veces por la corriente I en el mismo sentido, como es el caso de una bobina con corriente, la ecuación anterior se generaliza a:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = NI = F$$

Cuando la integración se restringe a regiones libres de corrientes y a trayectorias que no son cerradas, la diferencia de potencial magnetostático U y la fuerza magnetomotriz F son iguales, entonces:

$$\int_1^2 \vec{H} \cdot d\vec{l} = U_1 - U_2 = I$$

Las superficies equipotenciales magnetostáticas son en todo punto perpendiculares a las líneas del campo \vec{H} y se extienden desde la superficie del alambre hasta el infinito; pero no se extienden hacia el interior del conductor.

La teoría desarrollada hasta aquí ha estado relacionada con el vacío, como medio ambiente; sin embargo si una bobina con corriente rodea a una porción de material magnético, como el núcleo cerrado de la figura (2), el flujo magnético se canaliza dentro de dicho “circuito magnético” y el comportamiento resulta muy diferente de lo que se ha visto en espacio vacío, debido al efecto de la permeabilidad del núcleo magnético en el valor de \vec{B} . La alinealidad de la curva $B - H$ implica que la permeabilidad no es constante, sino función de H ; por ello la gran mayoría de los circuitos magnéticos ha de resolverse por métodos tentativos y/o gráficos, utilizando las tablas respectivas.

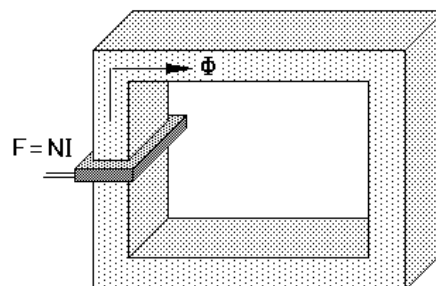
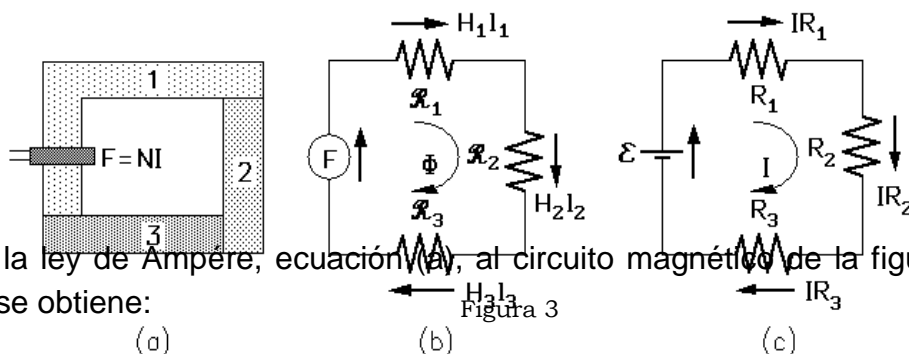


Figura 2



Al aplicar la ley de Ampère, ecuación (1), al circuito magnético de la figura 3, parte (a), se obtiene:

$$NI = F = \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_1 \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_2 \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_3 \vec{H} \cdot d\vec{l}$$

$$F = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3$$

Donde l_1 , l_2 y l_3 son las longitudes recorriendo por la “fibra media” del elemento. La ecuación anterior es similar a la de un circuito eléctrico de resistores en serie

en el que $\mathcal{E} = V_1 + V_2 + V_3$, entonces la fuerza magnetomotriz es igual a la suma de las caídas de H l.

Las “reluctancias”, \mathfrak{R}_i , son equivalentes a las resistencias R_i del circuito eléctrico; el flujo Φ es equivalente a la intensidad I; las caídas de fuerza magnetomotriz $H_i l_i$ son equivalentes a las caídas de fuerza electromotriz IR_i . Desarrollemos algunas expresiones:

$$Hl = \frac{B}{\mu} l \frac{S}{S} = BS \left(\frac{l}{\mu S} \right) = \Phi \mathfrak{R}$$

luego:

$$\boxed{\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu S}} \quad [H^{-1}]$$

Comparable a la expresión de la resistencia $R = \frac{l}{\zeta S}$, pero con la gran diferencia de que ζ es independiente de la corriente, mientras μ es función de H. Igualmente:

$$\boxed{\Phi = \frac{\sum F_i}{\sum \mathfrak{R}_i}}$$

EJERCICIO MODELO

El núcleo de hierro colado de la figura (4), tiene radios de 14 cm y 16 cm y un espesor de 3 cm. Halle el flujo magnético si $F = 425$ A.

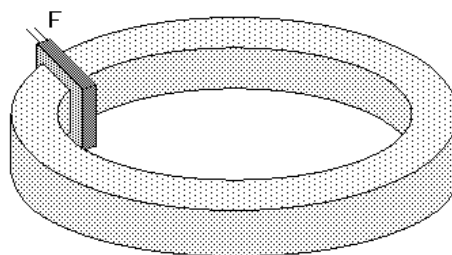


Figura 3

$$l = 2\pi \bar{R} = 2\pi \cdot 0,15 = 0,942 \text{ m}$$

$$S = 0,02 \cdot 0,03 = 6E-4 \text{ m}^2$$

$$H = \frac{F}{l} = \frac{425}{0,942} = 450,939 \text{ A/m}$$

$$B \approx 0,20 \text{ T},$$

Luego:

$$\Phi = BS = 0,20 \cdot 6 E-4$$

$$\Phi = 1,2 E-4 \text{ Wb}$$

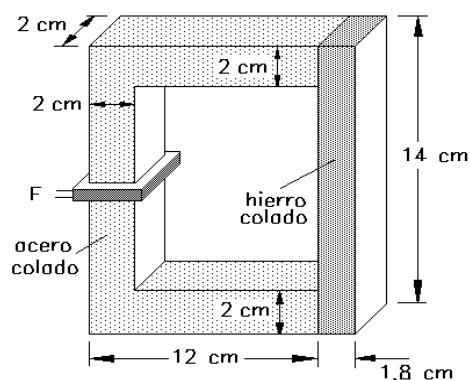
ACTIVIDADES PROPUESTAS:

Resuelva los siguientes problemas:

1- Un núcleo toroidal de hierro colado tiene radios 6 cm y 10 cm y un espesor de 4 cm . Halle la fuerza magnetomotriz si es recorrido por un flujo de $1,024 E-3 \text{ Wb}$.

2- Halle la corriente necesaria en la bobina de 150 espiras del circuito magnético de la figura si la densidad de flujo en el hierro colado es $B_2 = 0,45 \text{ T}$.

3- Un circuito magnético consta de dos partes construidas del mismo material, cuya $\mu_r = 4000$. La parte (1) tiene: $l_1 = 50 \text{ mm}$; $S_1 = 104 \text{ mm}^2$. La parte (2) tiene: $l_2 = 30 \text{ mm}$; $S_2 = 120 \text{ mm}^2$. Halle el flujo magnético Φ si $F = 400 \text{ A}$.

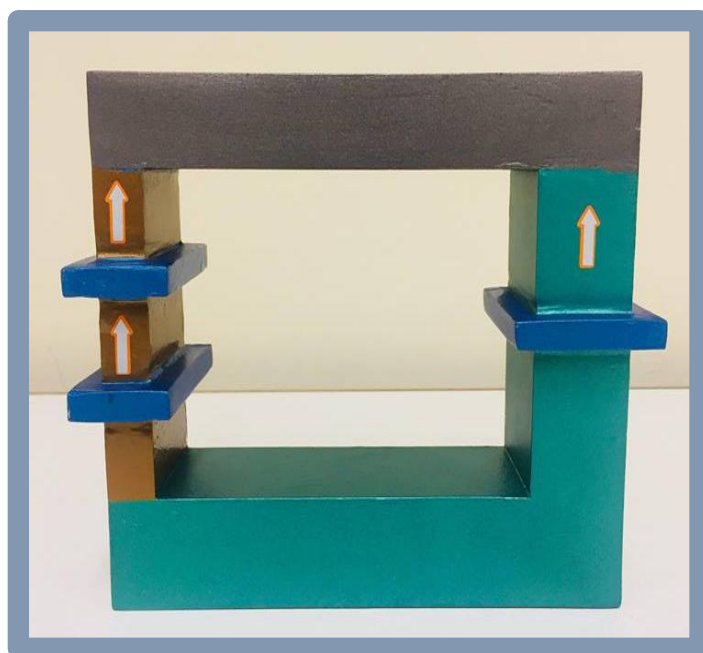


NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

CIRCUITOS SIMPLES CON NÚCLEOS COMPUESTOS

TEMAS QUE CUBRE

CIRCUITOS MAGNÉTICOS COMPLEJOS



Gráfica 3.14.1. Circuitos simples con núcleos compuestos

Tabla 3.9

Descripción Circuitos simples con núcleos compuestos

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Segmento uno	Madera	Gris	Uno	Segmento de núcleo
segmento dos	Madera	Verde	Uno	Segmento de núcleo
Segmento dos	Madera	Dorado	uno	Segmento de núcleo
Fems	Madera	Azul	Tres	Electromotancias

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

CIRCUITOS SIMPLES CON NÚCLEO SIMPLE CON BRECHA DE AIRE

TEMAS QUE CUBRE

CIRCUITOS MAGNÉTICOS COMPLEJOS



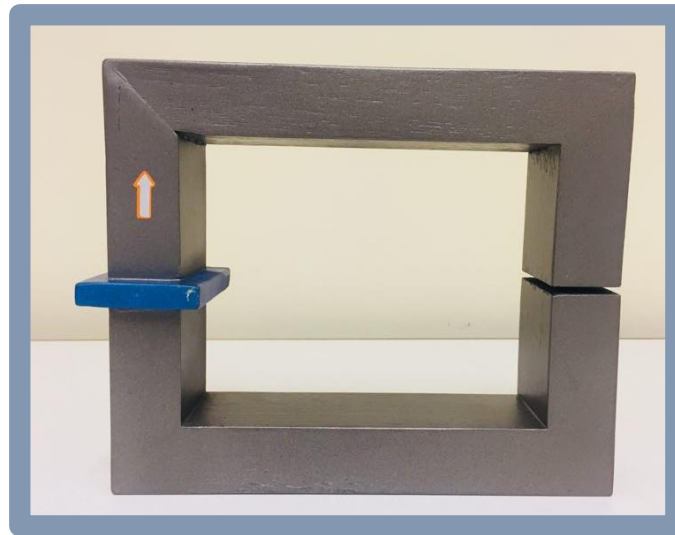
Gráfica 3.14.2 Circuitos simples con núcleo simple con brecha de

Tabla 3.10

Descripción Circuitos simples con núcleo simple con brecha de aire

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Segmento uno	Madera	Gris	Uno	Segmento de núcleo
segmento dos	Madera	Verde	Uno	Segmento de núcleo
Segmento dos	Madera	Dorado	uno	Segmento de núcleo
Fem	Madera	Azul	Uno	Electromotancias
Abertura	-----	-----	Uno	Brecha de aire

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO
CIRCUITO SIMPLE DE NÚCLEO COMPUESTO CON BRECHA DE AIRE
TEMAS QUE CUBRE
CIRCUITOS MAGNÉTICOS COMPLEJOS



Gráfica 3.14.3. Circuito simple de núcleo compuesto con brecha de

Tabla 3.11
Descripción Circuito simple con núcleo compuesto con brecha de aire

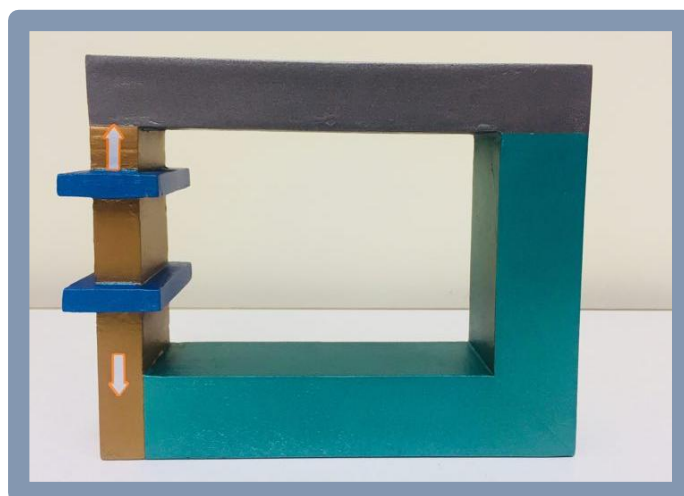
DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Segmento uno	Madera	Gris	Uno	Material magnético
Fem	Madera	Azul	Uno	Electromotancia
Abertura	-----	-----	Uno	Brecha de aire

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

CIRCUITO SIMPLE CON NÚCLEO COMPUESTO CON DOS
MAGNETOMOTANCIAS

TEMAS QUE CUBRE

CIRCUITOS MAGNÉTICOS COMPLEJOS



Gráfica 3.14.4. Circuito simple con núcleo compuesto con dos magnetomotancias

Tabla 3.12

Descripción Circuito simple con núcleo compuesto con dos magnetomotancias

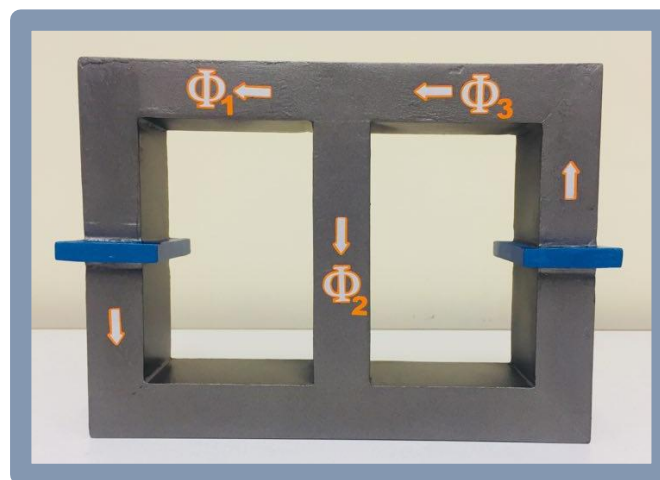
DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Segmento uno	Madera	Gris	Uno	Segmento de núcleo
segmento dos	Madera	Verde	Uno	Segmento de núcleo
Segmento dos	Madera	Dorado	uno	Segmento de núcleo
Fem	Madera	Azul	Dos	Electromotancias

NOMBRE DEL MATERIAL DIDÁCTICO

CIRCUITO COMPUESTO CON DOS MAGNETOMOTANCIAS

TEMAS QUE CUBRE

CIRCUITOS MAGNÉTICOS COMPLEJOS



Gráfica 3.14.5. Circuito compuesto con dos magnetomotancias

Tabla 3.13

Descripción Circuito compuesto con dos magnetomotancias

DESCRIPCIÓN				
ELEMENTO	MATERIAL	COLOR	CANTIDAD	REPRESENTA
Segmento uno	Madera	Gris	Uno	Material magnético
Fem	Madera	Azul	Dos	Electromotancia

GUÍA PARA EL MAESTRO

CIRCUITOS MAGNÉTICOS COMPLEJOS

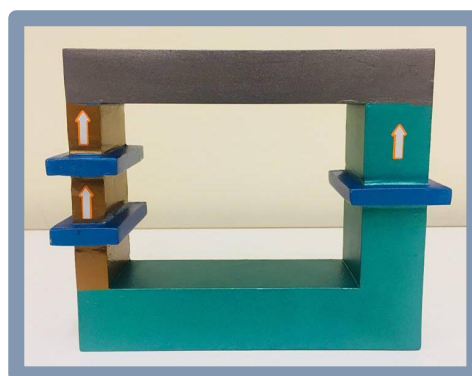
Objetivo: Tener un acercamiento a lo que son y cómo se resuelven los circuitos magnéticos complejos.

Procedimiento:

- Las maquetas anteriores sirven como apoyo para la enseñanza de circuitos magnéticos complejos como son circuitos simples con varias fuentes de magnetomotancias, circuitos simples con espacios de aire, circuitos paralelos.
- Indique ciertos aspectos de cada una de las maquetas conforme las gráficas siguientes:

- La gráfica 3.14.1 es un circuito simple con varias fuentes de magnetomotancias, cuya resultante sería su suma algebraica. Para determinar Φ se usa la relación

$$\Phi = \frac{\sum F_i}{\sum \mathcal{R}_i}$$



Gráfica 3.14.1 Circuitos simples con núcleos compuestos

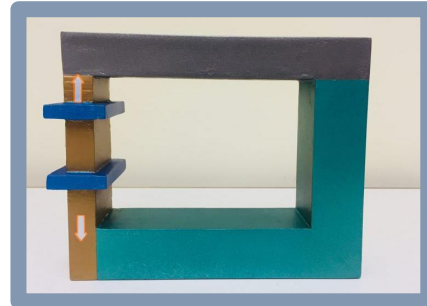
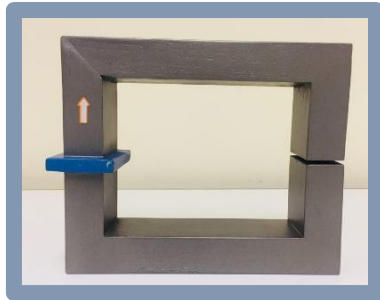
- En la gráfica 3.14.2. se tiene un circuito magnético simple con brecha de aire. La misma tiene una anchura l_a , la cual es muy pequeña, esta delimita una área aparente S_a , que es igual a $S_a = (a + l_a)(b + l_a)$



Gráfica 3.14.2. Circuitos simples con núcleo simple y con brecha de aire

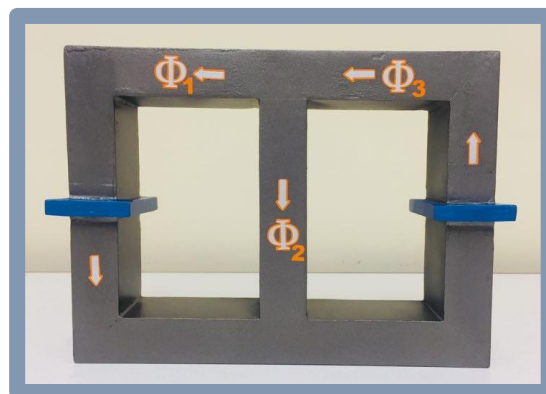


- Las gráficas 3.14.3. y 3.14.4 sirven como apoyo para realizar los ejercicios propuestos uno y dos.



Gráfica 3.14.3. Circuito simple de núcleo compuesto con brecha de aire Gráfica 3.14.4 Circuito simple con núcleo compuesto con dos magnetomotancias

- La gráfica 3.14.5. corresponde a un circuito paralelo con dos fuentes de magnetomotancias, lo que correspondería a un circuito compuesto. Este material didáctico se usa como ayuda para resolver el ejercicio propuesto número tres.



Gráfica 3.14.5. Circuito compuesto con dos magnetomotancias

HOJA DE TRABAJO

MARCO TEÓRICO: CIRCUITOS MAGNÉTICOS COMPLEJOS

Consideraremos las tres siguientes situaciones:

a) Circuitos simples con varias fuentes de magnetomotancias:

Como el de la figura (1). Su análisis y solución es similar a lo estudiado en el tema anterior, con la novedad de que la fmm total es la suma algebraica de las fmm parciales, de modo que

$$\Phi = \frac{\sum F_i}{\sum \mathcal{R}_i}.$$

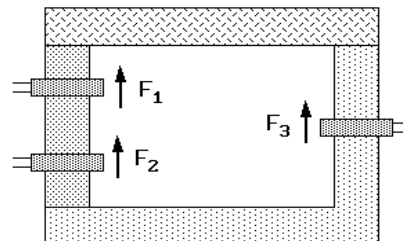


Figura 1

b) Circuitos simples con espacios de aire:

Como el de la figura (2). El espacio de aire, o brecha de aire, o entrehierro, debe ser muy pequeño de modo que su abertura l_a no exceda de un décimo del menor de los lados de la sección transversal del núcleo que lo limita; de esa manera se puede definir un “área aparente”, S_a , del espacio de aire mediante:

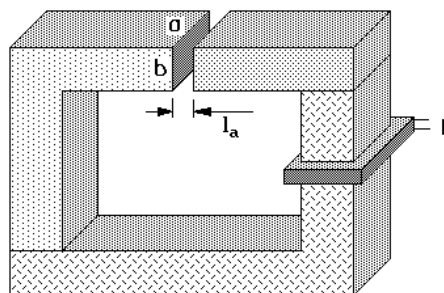


Figura 2

$$S_a = (a + l_a)(b + l_a) \quad (a)$$

Si el flujo total es conocido en la brecha de aire, entonces:

$$H_a = \frac{1}{\mu_0} \frac{\Phi}{S_a}$$

$$H_a l_a = \frac{l_a \Phi}{\mu_0 S_a}$$

$$F = \sum H_i l_i + H_a l_a = \sum H_i l_i + \frac{l_a \Phi}{\mu_0 S_a}$$

Si el flujo es conocido, es sencillo aplicar lo anterior; pero si no lo es, la resolución exigirá pruebas de ensayo y error.

c) Circuitos paralelos:

Como el de la figura (3). Lo recomendable es dibujar el diagrama equivalente, que también se muestra en la figura, y aplicar ecuaciones equivalentes mediante las leyes de Kirchhoff; observe que el sentido de las $H_i l_i$ es el de los Φ_i :

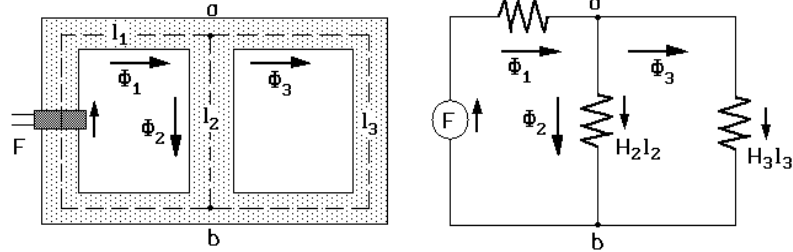


Figura 3

$$\Phi_1 - \Phi_2 - \Phi_3 = 0$$

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 = F$$

$$-H_2 l_2 + H_3 l_3 = 0$$

EJERCICIO MODELO

El núcleo magnético de la figura (4), tiene un área $S_1 = 6 \text{ cm}^2$ y una longitud media $l_1 = 40 \text{ cm}$. La brecha de aire es tal que $S_a = 7 \text{ cm}^2$ y $l_a = 2 \text{ mm}$. Halle el flujo magnético en el circuito.

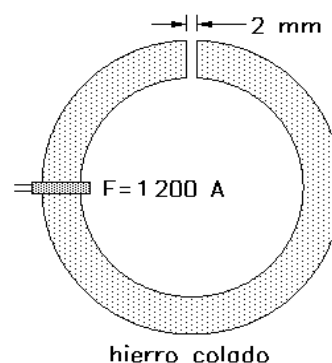


Figura 4

Este tipo de problemas implican ensayo y error. Supongamos una caída inicial $H_a l_a$ de 800 A en la brecha, luego:

$$H_a l_a = \frac{\Phi l_a}{\mu_0 S_a} = 800$$

de donde:

$$\Phi = \frac{\mu_0 S_a \cdot 800}{l_a} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,0007 \cdot 800}{0,002} = 3,5186 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

con lo que:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{3,5186 \cdot 10^{-4}}{0,0006} = 0,586 \text{ T}$$

y, de la tabla 3.1.8.1, $H_1 = 2400$, con lo que la caída en el núcleo es:

$$H_1 l_1 = 2400 \cdot 0,4 = 960 \text{ A}$$

y:

$$H_1 l_1 + H_a l_a = 800 + 960 = 1760 \text{ A}$$

lo cual rebasa la F del circuito.

Reintentamos otras caídas $H_a l_a$ hasta que el valor de $H_1 l_1 + H_a l_a \approx F$.

Probando con $H_a l_a = 640$ obtenemos:

$$\Phi = \frac{\mu_0 S_a \cdot 640}{l_a} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,0007 \cdot 640}{0,002} = 2,815 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

con lo que:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{2,815 E-4}{0,0006} = 0,469 \text{ T}$$

y:

$$H_1 = 1400$$

así que:

$$H_1 l_1 = 1400 \cdot 0,4 = 560 \text{ A}$$

entonces:

$$H_1 l_1 + H_a l_a = 560 + 640 = 1200$$

por lo tanto:

$$\Phi = 2,815 E-4 \text{ Wb}$$

ACTIVIDADES PROPUESTAS:

1- Se sabe que las dos partes del circuito magnético de la figura 3.14.4. son de acero colado. Suponiendo que $l_1 = 34 \text{ cm}$; $S_1 = 6 \text{ cm}^2$; $l_2 = 16 \text{ cm}$; & $S_2 = 4 \text{ cm}^2$, halle la corriente I_1 , si: $I_2 = 0,5 \text{ A}$, $N_1 = 200$, $N_2 = 100$ y $\Phi = 120 \mu\text{Wb}$.

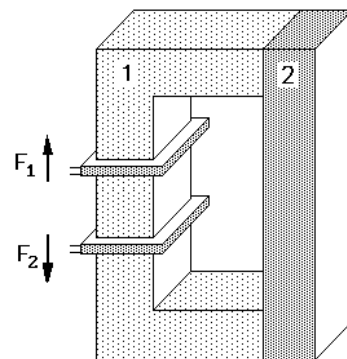


Figura 3.14.4.

2- El núcleo de silicio-acero de la figura 3.14.3. tiene una sección transversal rectangular de 10 mm por 8 mm y una longitud media de 150 mm . La longitud del espacio de aire es $0,8 \text{ mm}$ y el flujo es de $80 \mu\text{Wb}$. Halle la fmm.

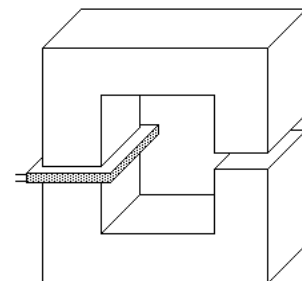


Figura 3.14.3.

5- El circuito magnético paralelo de la figura 3.14.5 es de silicio acero con la misma sección transversal de $S = 1,3 \text{ cm}^2$ en toda su extensión. Las longitudes medias son: $l_1 = l_3 = 25 \text{ cm}$; $l_2 = 5 \text{ cm}$. Las bobinas tienen 50 espiras cada una. Si $\Phi_1 = 90 \text{ } \mu\text{Wb}$ y $\Phi_3 = 120 \text{ } \mu\text{Wb}$. halle las corrientes de las

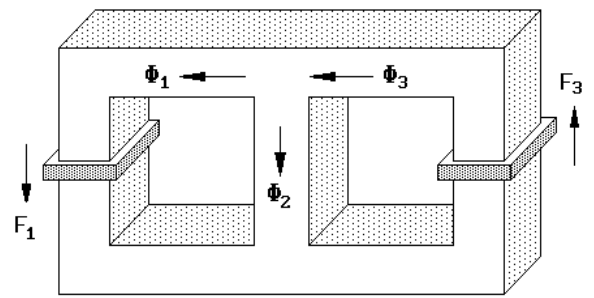
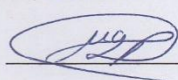
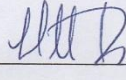
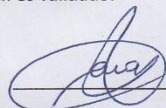


Figura 3.14.5.

UNIVERSIDAD DE CUENCA					
FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN					
CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA					
MATRIZ DE VALIDACIÓN DE EQUIPO CONCRETO					
DISEÑADO Y CREADO PARA MATEMÁTICAS Y FÍSICA					
CON MOTIVO DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN					
TÍTULO: "ELABORACIÓN DE RECURSOS DIDÁCTICOS COMPLEMENTARIOS PARA EL ESTUDIO DEL ELECTROMAGNETISMO DE LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA".					
AUTORES: Luis Loja, Raúl Calderón					
DENOMINACIÓN DEL MATERIAL	P A R Á M E T R O	VALORACIÓN			
		1	2	3	4
Integral de Línea	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Integrales de superficie y elementos	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Integros de volumen y superficie	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
maqueta de transformación de coordenadas	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Coordenadas cilíndricas parabólicas	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Coordenadas cilíndricas elípticas	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Vector incremento de posición	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Dipolo eléctrico	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓

Circuito simple con núcleo simple	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Circuito simple con núcleos compuestos	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Circuitos simples con núcleo simple brecha de aire	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Circuito simple con núcleo complejo con 2 magnetomutn- cias	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
Circuito compuesto con magneto- mutancias.	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				✓
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				✓
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				✓
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				✓
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				
	CALIDAD ESTRUCTURAL DE LA CONSTRUCCIÓN				
	CONVENIENCIA DE LOS MATERIALES				
	ACABADOS Y PRESENTACIÓN				
	PERTINENCIA DIDÁCTICA RESPECTO AL TEMA				

En consecuencia, el juego de materiales que ha sido revisado ...d... es validado.
Cuenca, 26 de febrero de 2013

LOS EVALUADORES

CONCLUSIONES

El constructivismo resulta ser una teoría que aporta mucho al proceso de enseñanza-aprendizaje, más aún si esta se combina con materiales didácticos representativos en pos de conseguir una mejor comprensión, sea cual sea el tema enseñado. Si bien el constructivismo pretende que el estudiante sea partícipe de la formación de su conocimiento, siempre será necesario la presencia de un docente que motive, guíe y oriente a sus educandos llenando de esta manera todas sus expectativas.

El problema que fue motivo del presente trabajo de titulación, ha sido corroborado con el capítulo dos. De la misma manera en esta segunda parte, a través de encuestas, se corroboró que la propuesta presentada era viable. Según los encuestados, el material didáctico ampliaría el interés por ilustrarse en el Electromagnetismo, así también indican que los materiales didácticos ayudarán a comprender los diversos temas abstractos que muestra esta asignatura que necesariamente requieren de un tratamiento didáctico adecuado.

El material didáctico es una gran herramienta al servicio de la educación, el cual puede ser implementado en distintos niveles educativos, inclusive en el nivel superior; siempre y cuando sea el indicado para la edad de los estudiantes. El incorporar materiales didácticos en materias complejas como el Electromagnetismo, resultó un reto muy enriquecedor, tanto por su campo de estudio que abarca y como por su elaboración.

Esta propuesta consistió en elaborar material didáctico para la materia de Electromagnetismo en los temas de cálculo vectorial, coordenadas curvilíneas y campo magnético, buscando brindar un apoyo tanto a docentes como a estudiantes, tratando de esta manera de conseguir mejores niveles de entendimiento. La premisa trata de guiar al docente en el uso de los distintos materiales, incorporando un modelo de procedimiento, que no debe ser la única forma de uso, siendo el docente el que debe dar un adecuado y correcto manejo de los materiales didácticos.

RECOMENDACIONES



Los materiales didácticos elaborados en la presente propuesta abarcan muchos temas abstractos, sin embargo no cubren todas las temáticas presentes que también poseen alta complejidad. De esta manera dejamos abierta la posibilidad de que compañeros se sumen a elaborar propuestas destinadas al Electromagnetismo, para de esta manera conseguir un mejor entendimiento en la mayor parte las temáticas.

Conociendo la realidad tecnológica del país, creemos que esta propuesta puede abarcar otro tipo de material, como páginas web, aplicaciones móviles, bibliotecas virtuales, entre otros.



BIBLIOGRAFÍA

- Carreño, M. (2010). Teoría y práctica de una educación liberadora: el pensamiento pedagógico de Paulo Freire. *Cuestiones pedagógicas*, N° 20 (pp. 195-214).
- González Pérez, J., y Criado del Pozo, M. J. (2009). *Psicología de la educación para una enseñanza práctica*. Madrid: Editorial CCS.
- Moll, L. C. (1990). La Zona de Desarrollo Próximo de Vygotski: Una reconsideración de sus implicaciones para la enseñanza. *Infancia y Aprendizaje*, 13 N° 51, 52 (pp. 247-254).
- Morales Muñoz, P. (2012). *Elaboración de material didáctico*. México: Editorial Red Tercer Milenio.
- Moreira, M. A. (s.f). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubesp.pdf>
- Ramírez Toledo, A. (s.f). El constructivismo pedagógico. Recuperado de <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/EI%20Constructivismo%20Pedag%C3%B3gico.pdf>
- Reyes Baños, F. (2008). Los recursos didácticos. México D.F: Universidad Pedagógica Nacional-Cosdac.
- Rodríguez Cavazos, J. (2013). Una mirada a la pedagogía tradicional y humanista. *Presencia universitaria*, N° 5 (pp. 36-45).
- Rodríguez, J. M., y Pardo, A (2010). Didáctica General. Bloque III: Los medios y recursos didácticos. Recuperado de http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Maestria/MaterialesModulo03_2010/Unidad%202/P1_RecursosDidacticos_U2_ETE013.pdf
- Santamaría, Milazzo y Quintana. (s.f.). Teorías de Piaget. Recuperado de http://repositorio.uned.ac.cr/multimedias/neurologia_infantil_basica/Menu/teorias-piaget.pdf



Torres Maldonado, H. y Girón Padilla, D. (2009). *Didáctica general*. (Vol. 9).
Buenos Aires: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana.

ANEXOS



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE FILOSOFIA
LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

SECRETARÍA

Oficio No. UC-FFFILSECABO-2017-0060-O

Cuenca, 06 de mayo de 2017

Magister

Eulalia Calle Palomeque

Directora de la Carrera de Matemáticas y Física

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Doctor

Alberto Santiago Avecillas Jara

Docente

UNIVERSIDAD DE CUENCA - FACULTAD DE FILOSOFIA

Presente.

De mi consideración:

El Consejo Directivo de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, en sesión del 19 de abril de 2017, por existir informe favorable de la Junta Académica de la Carrera, resolvió aprobar los siguientes diseños de trabajo de titulación, y, designó como su Director:

NOMBRE DE ESTUDIANTE	CARRERA	MODALIDAD	TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	DIRECTOR	PLAZO CONCEDIDO
CALDERON ATARIGUANA RAUL FERNANDO LOJA ACERO LUIS PATRICIO	MATEMÁTICAS Y FÍSICA	PROYECTOS EDUCATIVOS INNOVADORES	ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE TEMAS DE COORDINADAS CURVILÍNEAS CORRESPONDIENTES AL ELECTRO-MAGNETISMO EN LA CARRERA DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA	Dr. Santiago Avecillas J.	10 meses

Particular que comunico para los fines consiguientes.

FACULTAD DE FILOSOFIA
LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE FILOSOFÍA
LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

SECRETARÍA

Oficio No. UC-FFFILSECABO-2017-0060-O

Cuenca, 06 de mayo de 2017

Con sentimientos de distinguida consideración.

c.c. Estudiantes

Atentamente,

Abg. Maria del Monserrath Solano Palacios
SECRETARIA ABOGADA 2 (E)

C.C. Señora
Teresita Leon Pesantez
Secretaria de Carrera de Matemáticas y Física
UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE FILOSOFÍA
LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



ENCUESTA

La presente encuesta está dirigida a los estudiantes de séptimo ciclo de la carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca. El objetivo es recopilar información en cuanto al uso de material didáctico en la asignatura de Electromagnetismo. Pedimos total sinceridad, puesto que la encuesta es anónima y dependiendo de sus resultados se podrá realizar un plan de mejoras para la asignatura mencionada.

Por favor, lea atentamente las preguntas y marque con una (X) la respuesta de su preferencia.

1. Según su perspectiva, ¿cuál es el nivel de complejidad de la asignatura de Electromagnetismo?

Bajo	<input type="checkbox"/>
Medio	<input type="checkbox"/>
Alto	<input type="checkbox"/>

2. ¿Cree Ud. que las explicaciones del docente de Electromagnetismo necesitan ser apoyadas con material didáctico?

Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

3. ¿Considera Ud. que el material didáctico es un complemento positivo que ayuda a mejorar la comprensión de los estudiantes?

Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

4. Si su respuesta anterior es Si, señale los aspectos en los que considera que influye positivamente el uso de material didáctico.

Mayor comprensión de los temas	<input type="checkbox"/>
Interés hacia la asignatura	<input type="checkbox"/>
Participación activa en clase	<input type="checkbox"/>
Promueve aprendizajes significativos	<input type="checkbox"/>

5. ¿Considera necesario disponer de material didáctico en la asignatura de Electromagnetismo?

Si	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------



No ☐

6. De los siguientes tipos de material didáctico, ¿cuál considera Ud. más viable para la enseñanza de Electromagnetismo? Apunte, desde el poco importante (1), hasta el muy importante (4).

Textos complementarios	<input type="checkbox"/>
Instrumentos de laboratorio	<input type="checkbox"/>
Páginas web	<input type="checkbox"/>
Gráficos	<input type="checkbox"/>

7. El material didáctico existente en el laboratorio de Física para la enseñanza de Electromagnetismo es:

Insuficiente	<input type="checkbox"/>
Medianamente suficiente	<input type="checkbox"/>
Suficiente	<input type="checkbox"/>

8. Señale la frecuencia con la que Ud. usa material didáctico en el aula.

Nunca	<input type="checkbox"/>
A veces	<input type="checkbox"/>
Casi siempre	<input type="checkbox"/>
Siempre	<input type="checkbox"/>

9. Si el laboratorio de Física contara con material didáctico nuevo y llamativo para la enseñanza de Electromagnetismo, ¿usted lo utilizaría?

Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

10. ¿Recomendaría usted la implementación de recursos didácticos para la enseñanza de Electromagnetismo?

Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>